



第11回ロボットシンポジウム

動力制御盤遠隔操作ロボットシステム長期安定化技術の
研究開発業務

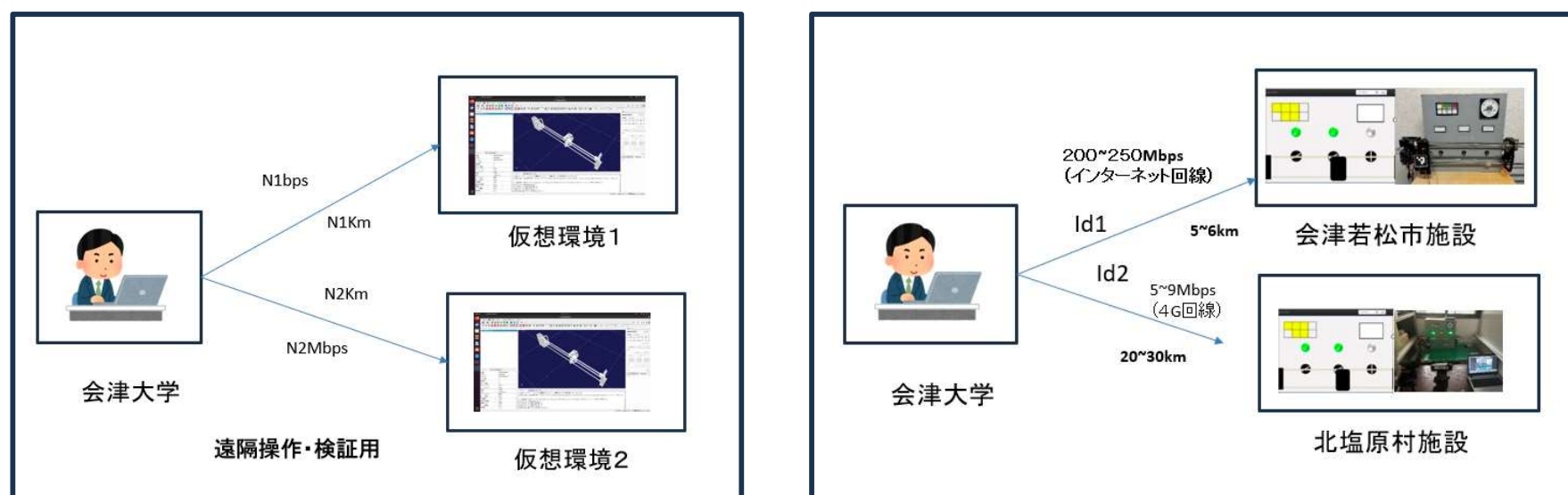
アクアクルー株式会社



アクアクルー株式会社



昨年度までの研究開発状況



仮想環境での検証

実環境での実証試験

図1 仮想環境を考慮したIoRTシステム検証

会津若松市や北塩原村施設、仮想空間を活用して複数の動力盤における遠隔監視・操作を実施してきた。

2026年度までの目標

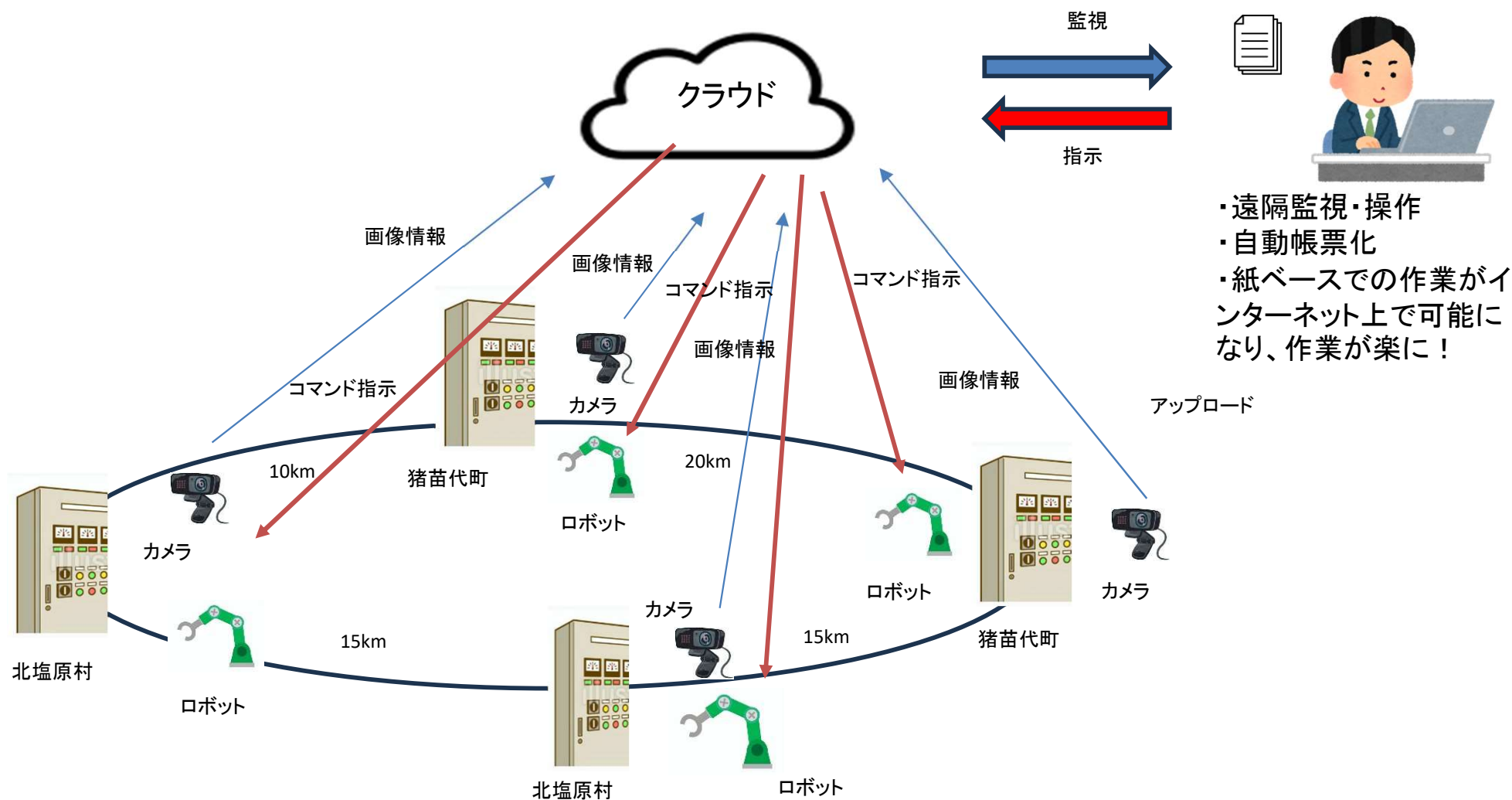


図2 一つの拠点から一括管理



一つの拠点(1)から複数拠点(N)の施設(制御盤)を効率的に一括管理したい。

課題



図3 山間部の豪雪地帯における 下水道施設



図4 施設内の制御盤の遠隔監視・操作

数十km離れた豪雪地帯や山間部地域などの過酷環境に点在する複数の施設では、移動に要するコストおよび時間が大きな制約となっている。

また、通信環境が十分でない地域も多く、試作した制御盤の監視・制御用ロボットにおける、遠隔監視および長時間連続運用の評価が必要。

研究開発目的

昨年度は、多拠点での運用を想定した試験を実施し、CPS(Cyber-Physical System)の開発や、システムの遠隔操作性・信頼性の検証を行った。本年度は、これらの成果を踏まえ、長期運用を見据えた遠隔監視・操作システムの最適化に向けた研究開発を進める。引き続き、シミュレーターを活用したCPS検証を継続するとともに、長期運用に対応するための試験も実施する。

研究開発項目

- ①スイッチロボットの長期運用に向けたハードウェア・ソフトウェア改善
→長時間動作させるための電源の選定・ロボットハンドの改善
- ②実際の現場環境を想定した操作用モックシステムの製作
→実環境に近いシナリオ・試験の実施
- ③通信途絶等を考慮したシステム高信頼化の検討
→通信が途絶えた場合に、再送信するシステムの開発
- ④実フィールド運用を想定した多拠点遠隔監視・操作端末UI
→シミュレーターを活用した長時間運用・実環境を考慮したシステム開発
- ⑤動力制御盤遠隔操作ロボットの長期間運用評価
→実環境を想定したロボットの長時間運用

①ロボットハンドの電圧・電流不足によるハードウェア改善

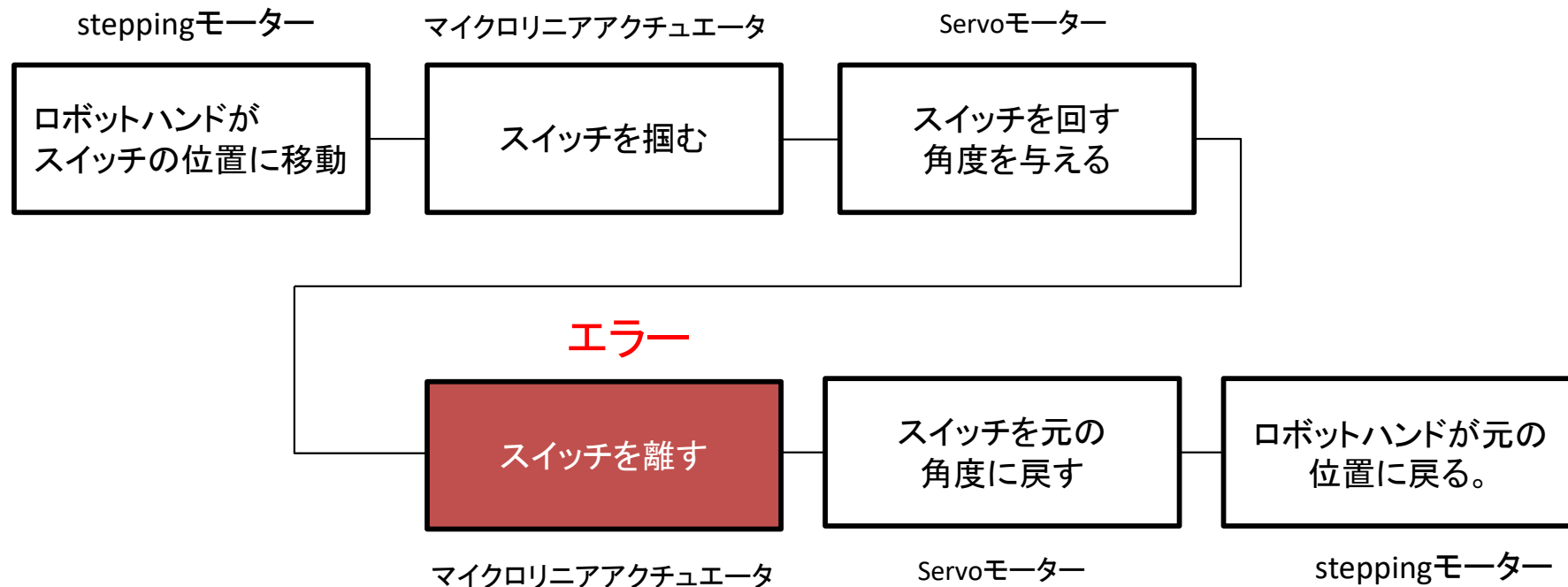


図5 ロボットアームソフトウェア



前年度、電圧・電流値不足によりロボットアームが正常に動作しないという課題があった。(1000回中 十数回程度)
 今後、長期安定した動作を実現するために、ハードウェアの改良を行う。

電源の改修とソフトウェアの改修

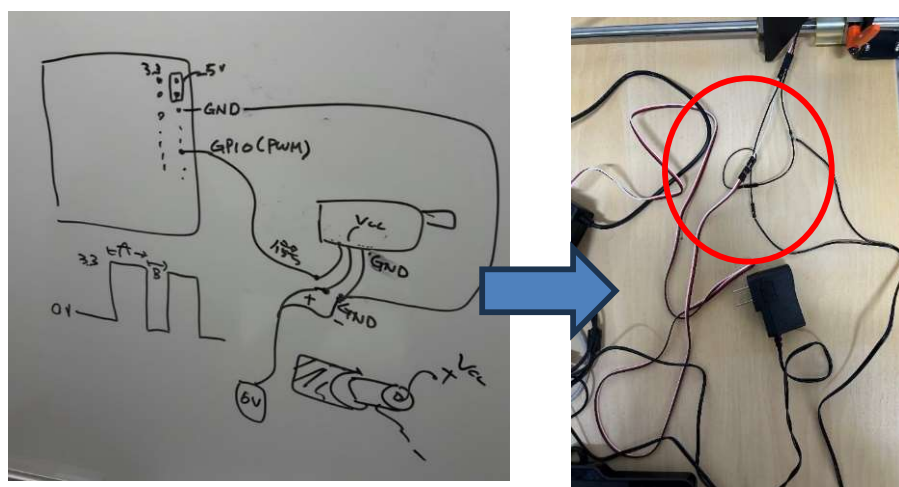
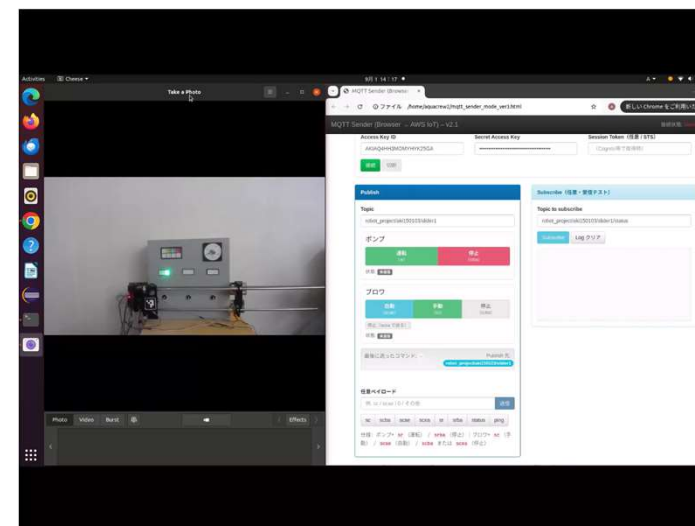


図6 回路図と電源の改修



動画1 デモ動画



電源・電圧不足という課題があったため、電源を購入し図6のように接続し動作を確認した。
現在モック制御盤に設置し長時間動作を確認中。

②現場の制御盤により近いモックシステムの開発

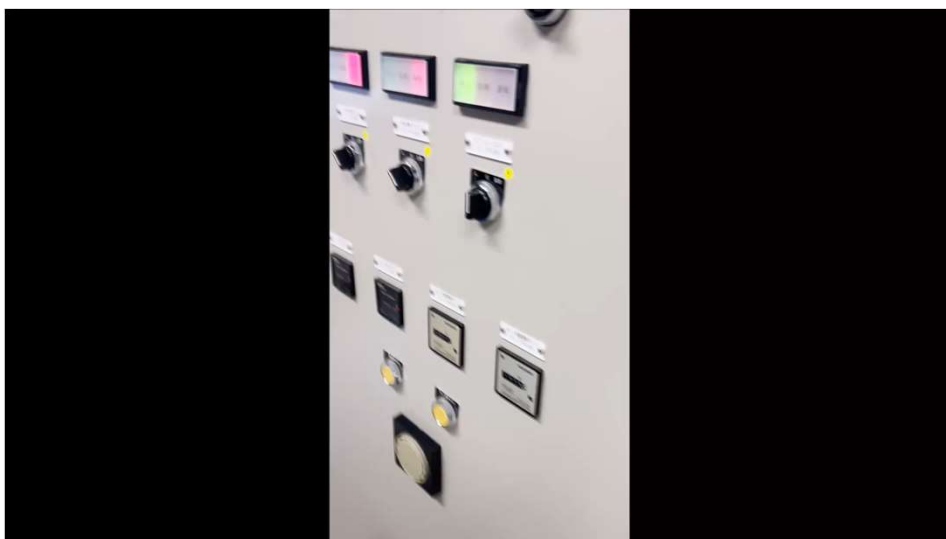


図7 それぞれの現場制御盤

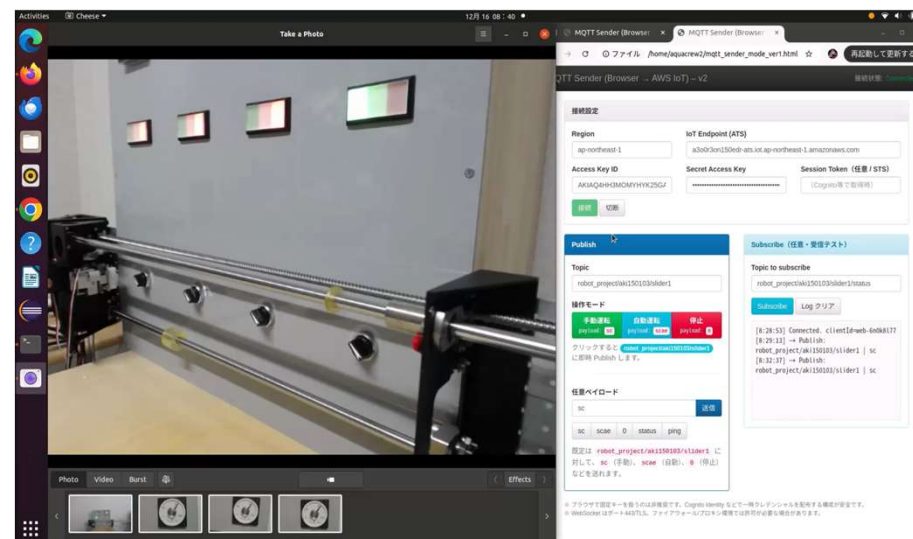


現場の制御盤には、様々なスイッチや表示灯等がある。
より現実に近い環境で評価するためにモックの制御盤を開発する。

モックシステムを活用した遠隔操作ロボットの長時間運用

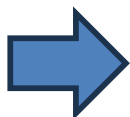


動画2 点検現場の作業状況



動画3 モックシステムを活用した点検作業

現場の作業員の点検に合わせた動作を、ロボットでも点検できるかの検証を行った。基本的な現場に必要な動きはロボットも可能になった。



③ 昨年度開発したシュミレータを活用した長時間運用
/実フィールド運用を想定した多拠点遠隔監視・操作端末UI

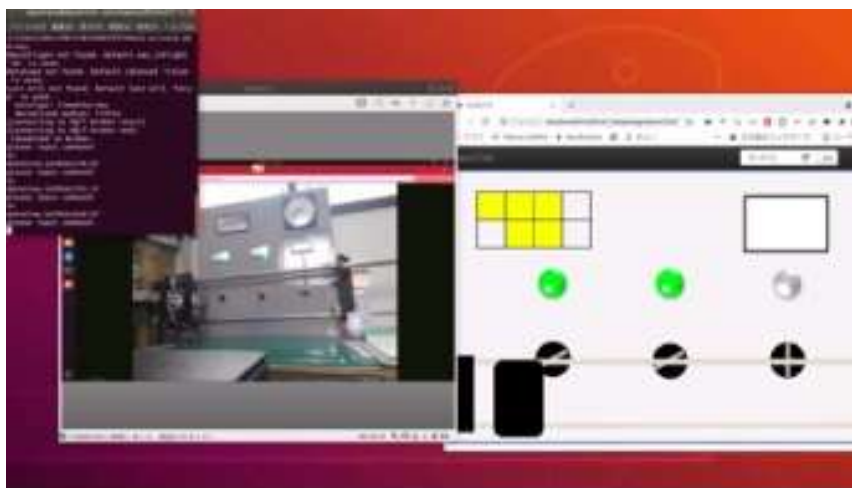


図10 実際の現場での
光の反射・通信遅延

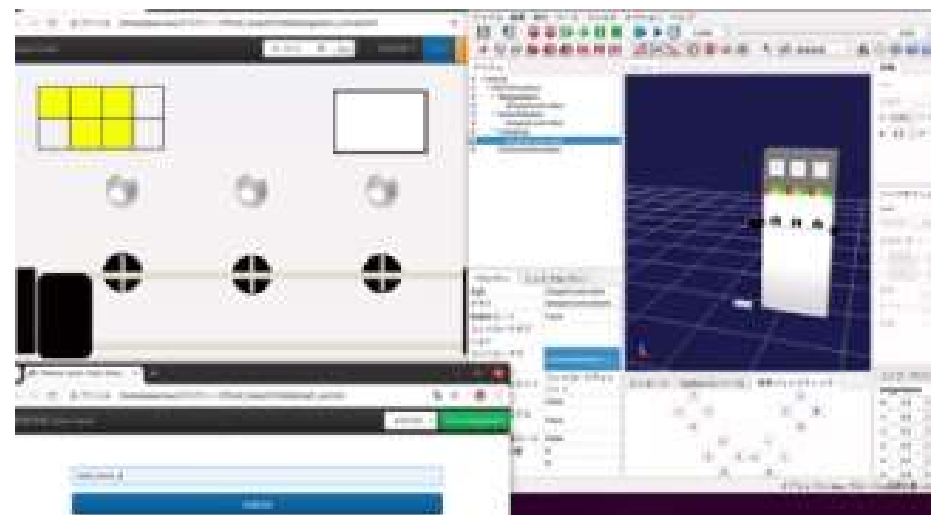


図11 シミュレータ仮想環境

実環境では、光の影響や通信遅延の影響があった。実環境を考慮したシュミレータ環境の構築や、事前に長時間運用における試験を行う。

多拠点用のUIの開発



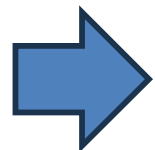
図12 多拠点管理用画面



図13 長時間監視用UI

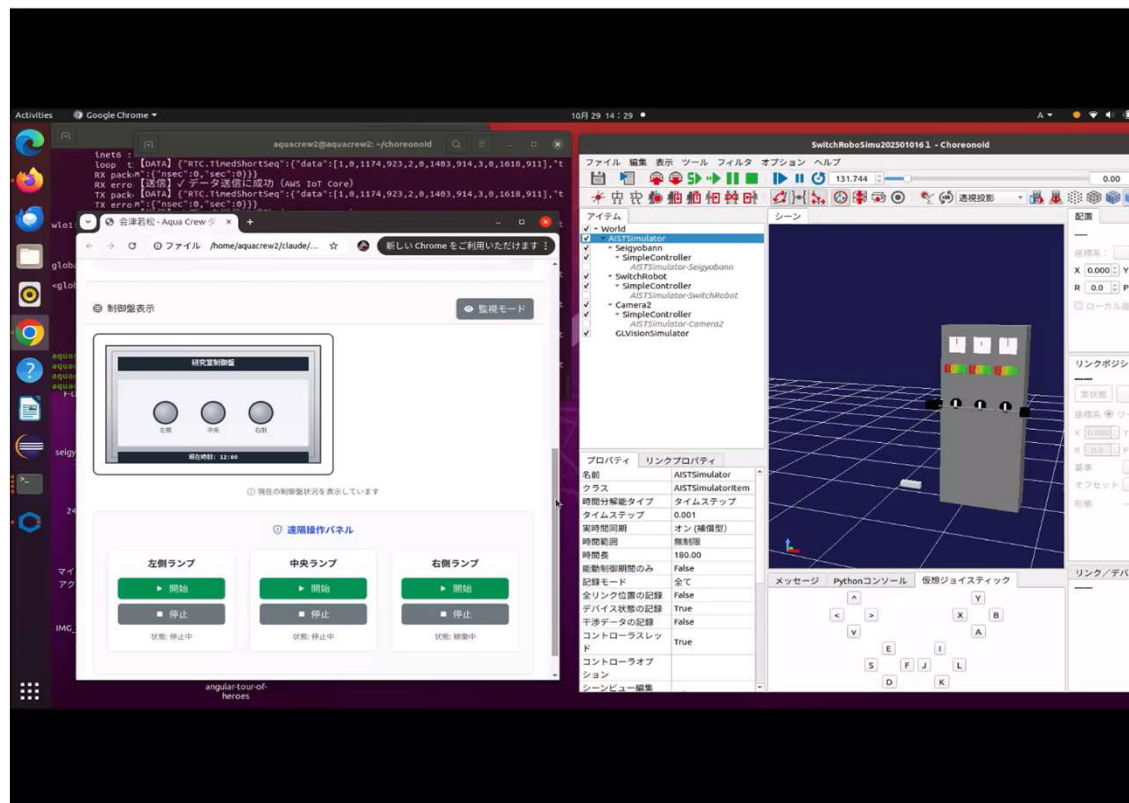


図14 遠隔操作用UI



ユーザーが遠隔監視・操作しやすい他拠点用のUIの開発を行った。

シミュレーターを活用した通信断時の事前検証



デモ動画 4 シミュレーターを活用した検証動画



Wifiを意図的に切断し、通信が切断されたらAWSのキューにため込んで、通信が繋がったら自動的にAWS経由で送信する機能の開発を実施した。

実環境での画像処理センサーの開発

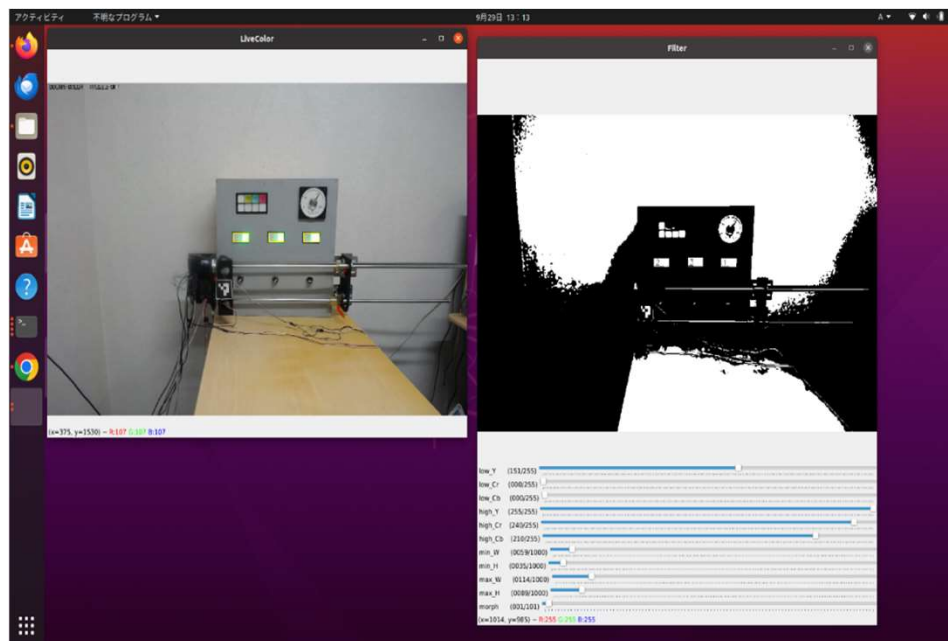
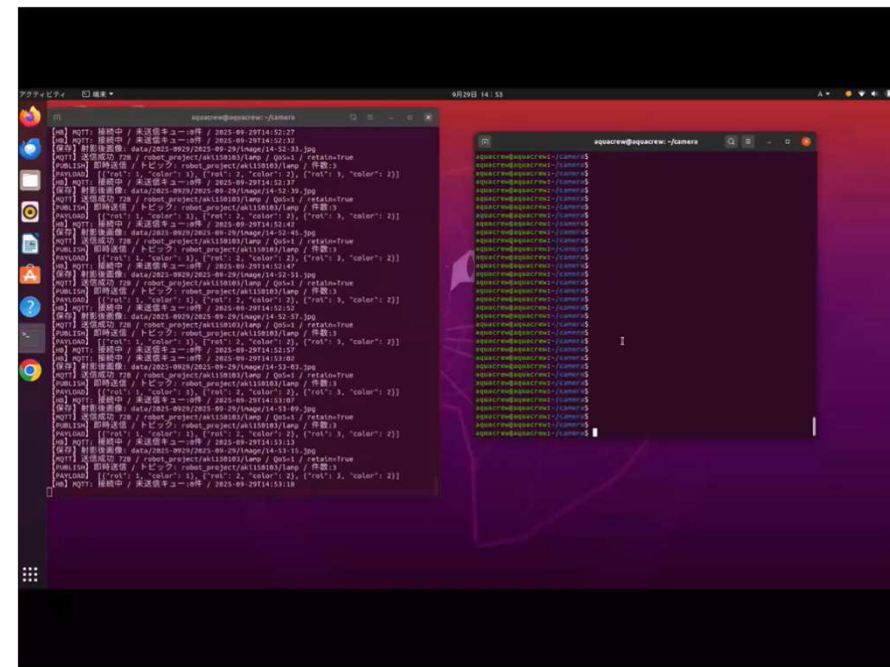


図15 画像処理センサー



デモ動画5 データを蓄積して送信するシステム



実環境においても、コレオノイドを活用して検証したシステムをベースに、wifi off時にデータを蓄積し、on時にデータを送信する機能を実施する事が確認できた。この開発により長時間通信が不安定な地域でデータを取得する際にも、安定したデータを取得する事が可能となる。

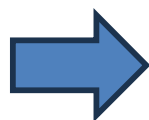
北塩原施設を活用した遠隔操作ロボットの 長時間運用



図16 北塩原村施設 大塩浄化センター

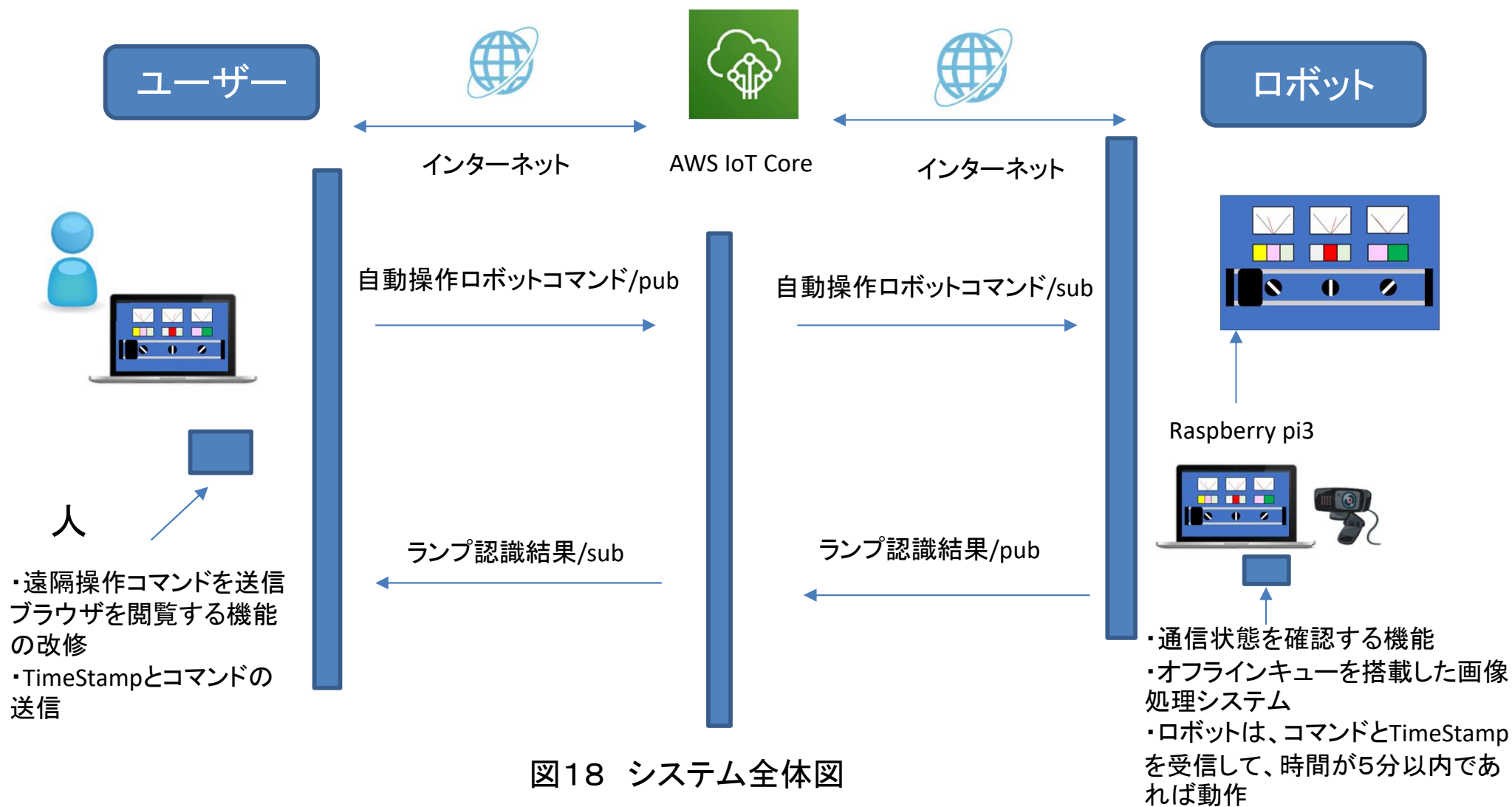


図17 大塩浄化センター内



北塩原村の大塩浄化センターに機材を設定し、
1カ月単位での遠隔操作の実証試験を行った。

システム全体図



会津若松市からコマンドを送って北塩原村にあるロボットを遠隔操作する。
北塩原村にて通信遅延が発生しても安全にロボットが動作する仕組みの構築



部屋の温度

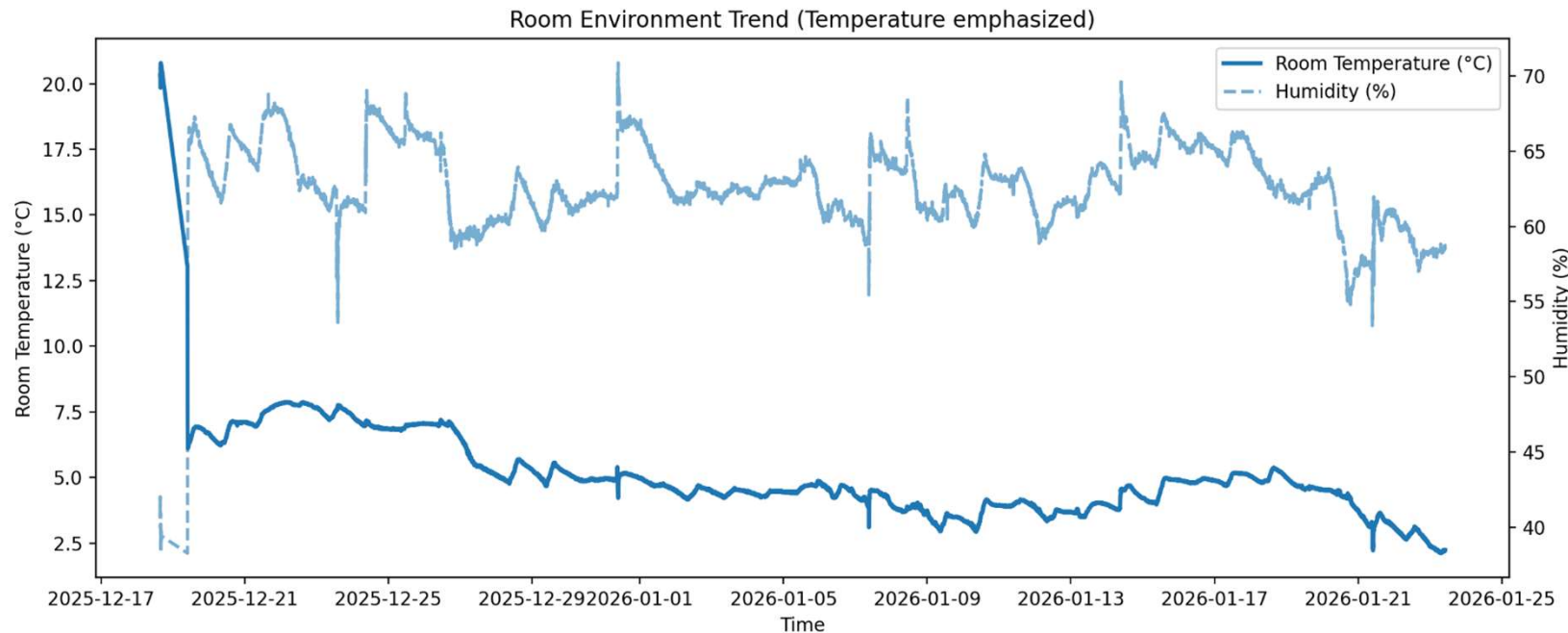


図19 部屋の温度・湿度の様子

12月18日～1月19日のデータでは、部屋の湿度は、60～70%、温度については、3.0度～7.0度でもロボットは動作していた。

1月の13日時点での最低気温は、3.0度であったが、ロボットは動作していた。

ロボットの動作ログ

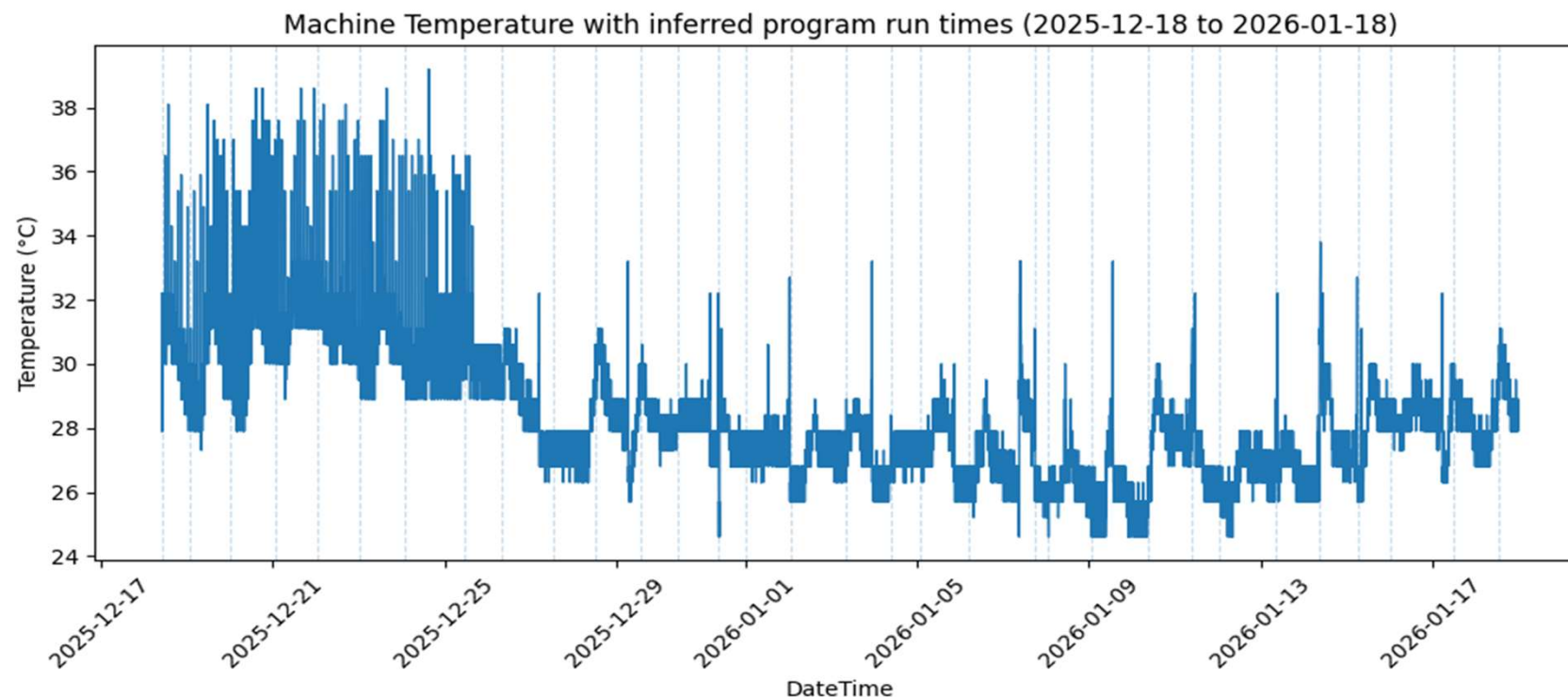


図20 ロボットの動作ログ

・12月18日～1月19日まで、1日1回以上動作させているが問題なく動いていた。
縦の点線はロボットを動作させた記録。

※18日～25日までのCPUの温度が高いのは2時間に1回部屋の温度と湿度を送るプログラムをcronで動かしていたため、少し高い。

過負荷ログ

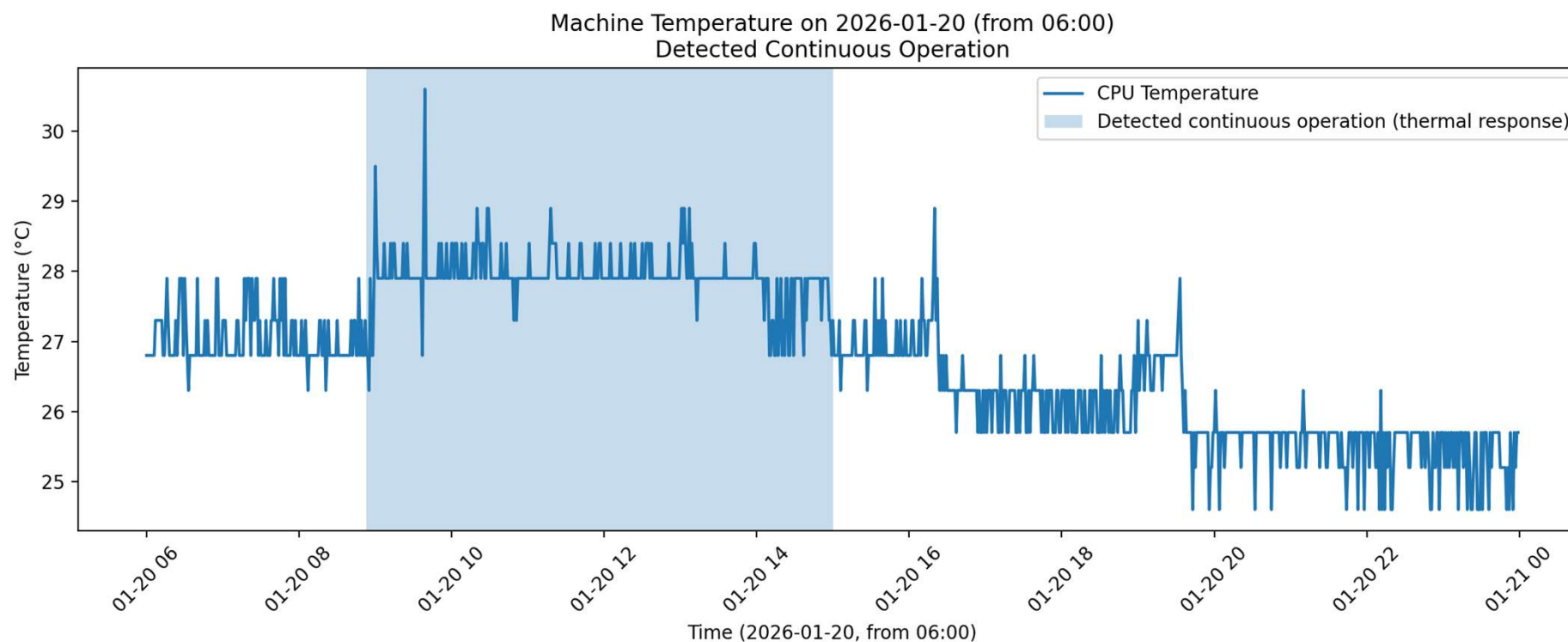


図21 過負荷試験の動作ログ

1月20日に、過負荷試験としてロボットを休む事なく現地にて100回動作させた。9時30～14時30頃までロボットが連続動作させても問題なく動作した。



今後の課題

①通信環境の悪い状況下において、安全にロボットを遠隔操作する仕組みの確立。

- 通信遅延・通信断を想定した安全制御方式の確立(時間制御と実行判定の併用)
- 数秒～数時間の遅延条件下での系統的試験とタイムアウト評価
- 制御盤状態に基づくコマンド実行判定ロジックの設計・実装

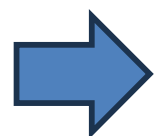
②1カ月以上の長期連続動作におけるロボット動作の障害の検証。

- 機械・電源・通信・ソフトウェアの各障害要因の継続的監視と記録
- 異常兆候の早期検知機能と予防保全システムの実装

この事業で得られた成果



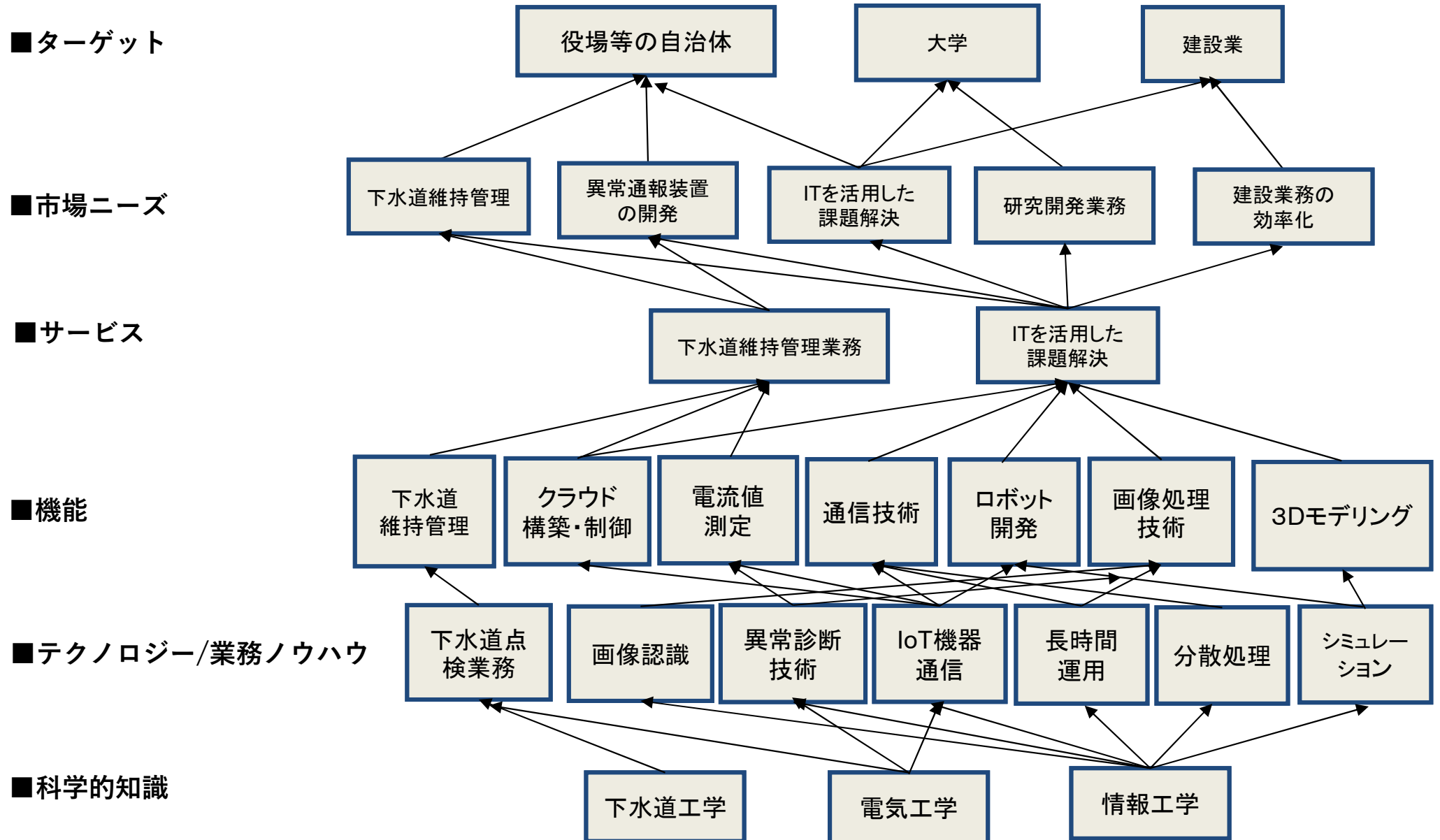
図22 ロボット・航空宇宙フェスタ



航空・宇宙フェスタに初出展

多くの企業様や来場者様に開発におけるアドバイス等を頂けた。

イノベーション アーキテクチャー図



ご清聴ありがとうございました。