



北海道大学

積雪環境下における 除雪機や配送車両の無人化に向けた 取り組みについて

2023年1月18日



Faculty, Graduate School and School of
ENGINEERING
Hokkaido University

北海道大学 大学院工学研究院
機械・宇宙航空工学部門
江丸 貴紀

ロボティクスによる社会貢献

1

ロボット技術・人工知能技術による
除草作業自動化技術の開発



積雪環境における
自動運転技術開発



RT: Robot Technology : ロボット技術
IT: Information Technology : 情報技術
AI: Artificial Intelligence : 人工知能

UAV + リモセン*1
(農林業への応用)

UAVによるインフラ点検
(港湾環境)



*1リモセン＝リモートセンシング：「ものを触らずに調べる」技術。農林水産・環境・防災など広範囲の用途に応用することを目的とし、人工衛星・ドローンなどに搭載した観測機器（センサ）によって地球表面付近を観測する技術。



北海道大学

ロボティクスによる社会貢献

2

ロボット技術・人工知能技術による
除草作業自動化技術の開発



積雪環境における
自動運転技術開発



RT: Robot Technology : ロボット技術
IT: Information Technology : 情報技術
AI: Artificial Intelligence : 人工知能

UAV + リモセン
(農林業への応用)

UAVによるインフラ点検
(港湾環境)



北海道大学

除草作業の自動化

北大の技術シーズ

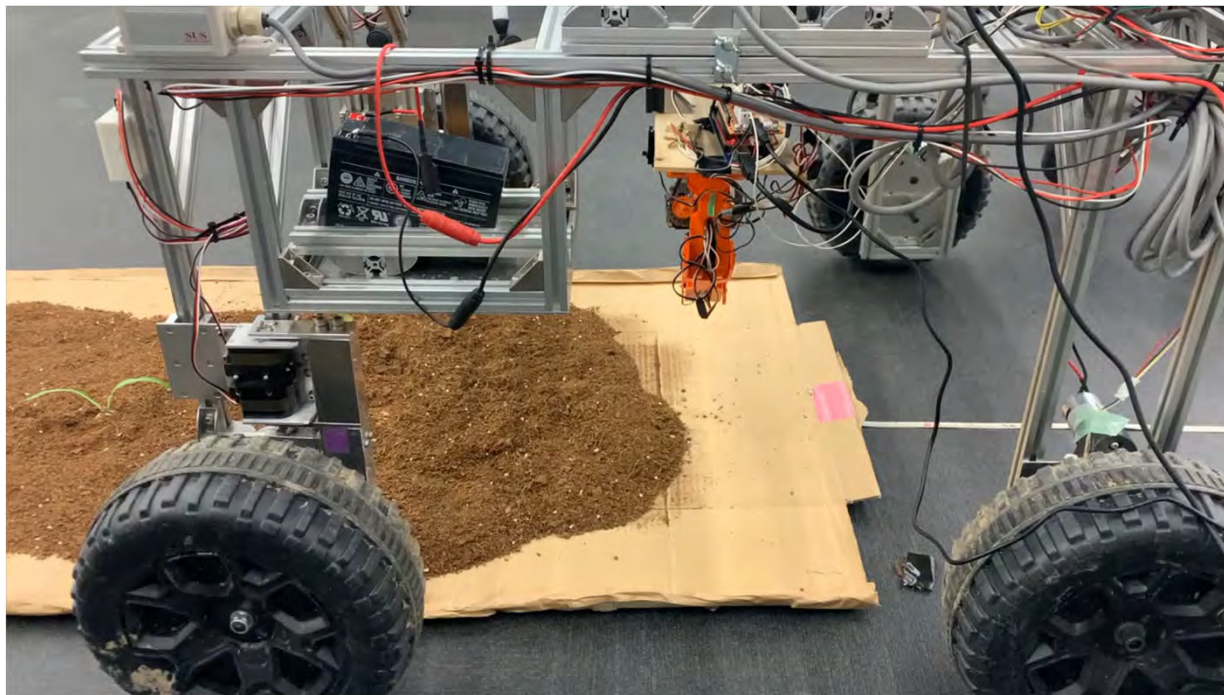
雑草と作物を高精度で識別するロバスト深層学習

深層学習には大量のデータが必要

→本学キャンパス(北大農場)に専用のほ場を確保して実験を実施



3



[1]井内悠介, 北村知大, 江丸貴紀, 深層学習により推論された深度情報を用いた作物領域検出精度の向上手法, 第23回SICE-SI部門講演会, 1P2-A08, 2022.
[2]井内悠介, 北村知大, 本庄匠, 土井匠, 今岡広一, 江丸貴紀, ほ場内高精度マップを用いた画像範囲の限定によるインスタンスセグメンテーションの速度向上手法, ロボティクス・メカトロニクス 講演会, 1A1-M01, 2022.



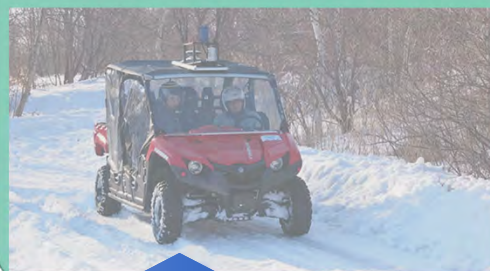
北海道大学

ロボティクスによる社会貢献

ロボット技術・人工知能技術による
除草作業自動化技術の開発



積雪環境における
自動運転技術開発



RT: Robot Technology : ロボット技術
IT: Information Technology : 情報技術
AI: Artificial Intelligence : 人工知能

UAV + リモセン*1
(農林業への応用)

UAVによるインフラ点検
(港湾環境)



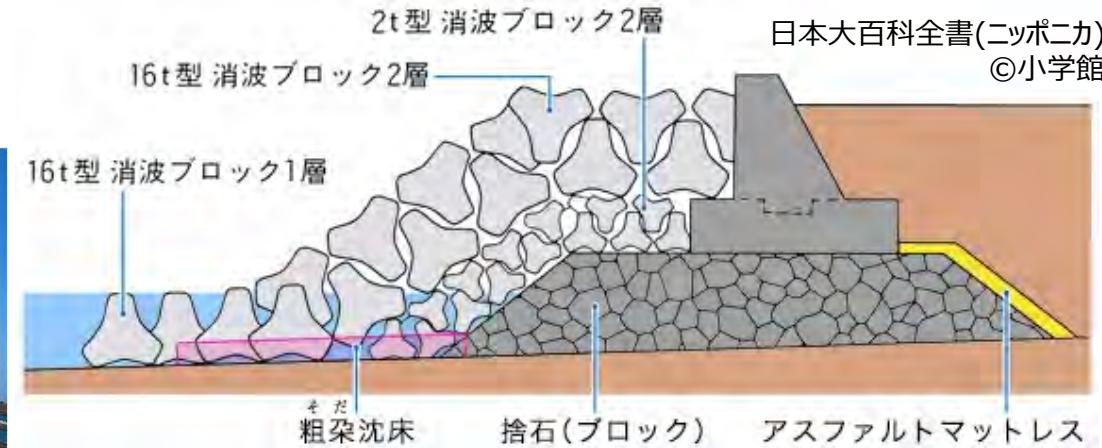
*1リモセン＝リモートセンシング：「ものを触らずに調べる」技術。農林水産・環境・防災など広範囲の用途に応用することを目的とし、人工衛星・ドローンなどに搭載した観測機器（センサ）によって地球表面付近を観測する技術。



UAVによる港湾インフラ点検への応用

5

消波ブロックの欠損量をドローン+センサ（**LiDAR***2：3次元距離計測装置）によって**定量的に評価**するシステムを提案



*2**LiDAR**:レーザー光を利用することにより、対象物までの距離、位置、形状等を測定するセンサ



2022年度異能vation
「ジェネレーションアワード」部門ノミネート



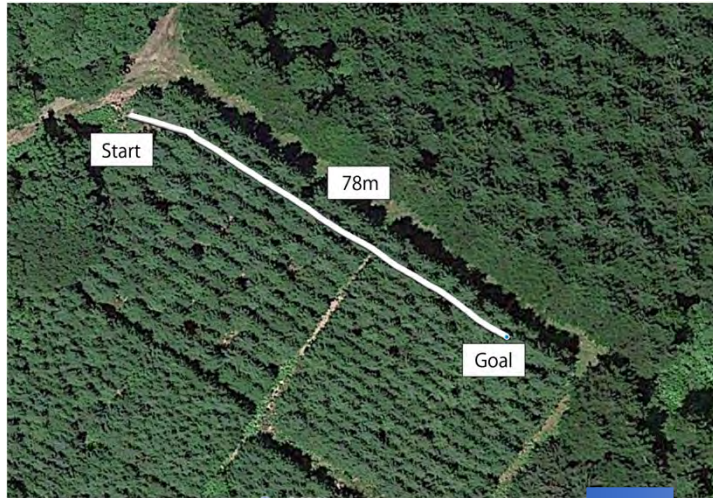
北海道大学

[3]日向涼, 江丸貴紀, 港湾施設の維持管理を目的とした AprilTag の精度評価, 第23回SICEシステムインテグレーション部門講演会, 3P2-F14, 2022.
[4]岡野裕大, 江丸貴紀, 3D-LiDAR を用いた UAV による防波堤自動点検システムの開発, 第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2G3-01, 2021.

UAVによる農林業への応用

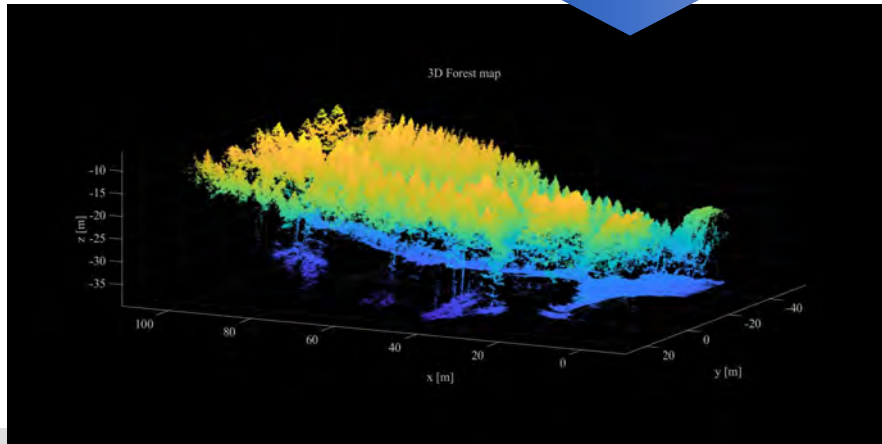
森林資源管理を目的として, UAV + LiDARによる計測を実施

北海道大学の研究林
(雨龍・苫小牧) 等で実験を実施

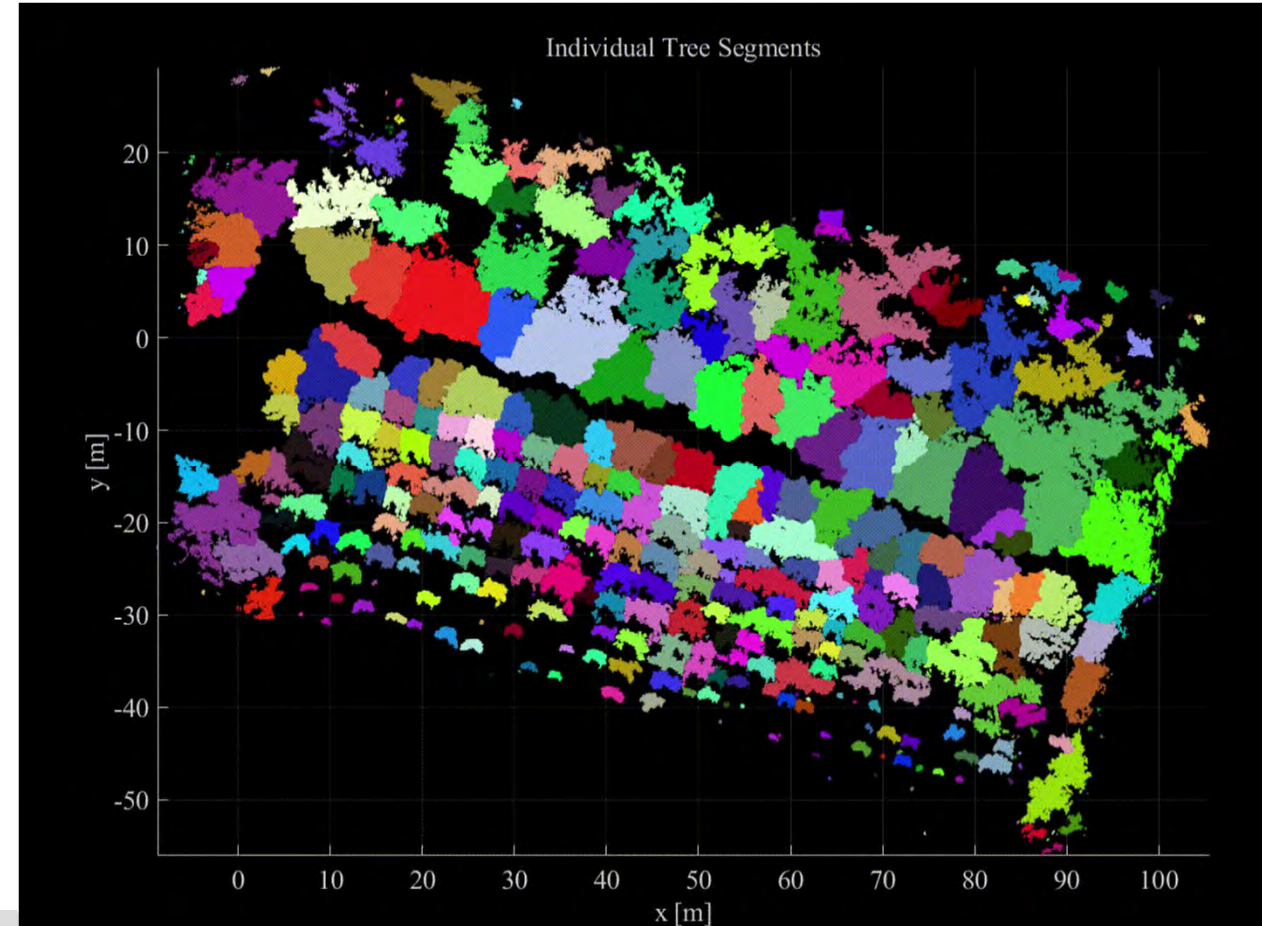


UAV-LiDAR
によるデータの
取得

高精度3次元
地図の作成



個々の樹木
情報を
3次元地図
から抽出する



ロボティクスによる社会貢献

7

ロボット技術・人工知能技術による
除草作業自動化技術の開発



積雪環境における
自動運転技術開発



RT: Robot Technology : ロボット技術
IT: Information Technology : 情報技術
AI: Artificial Intelligence : 人工知能

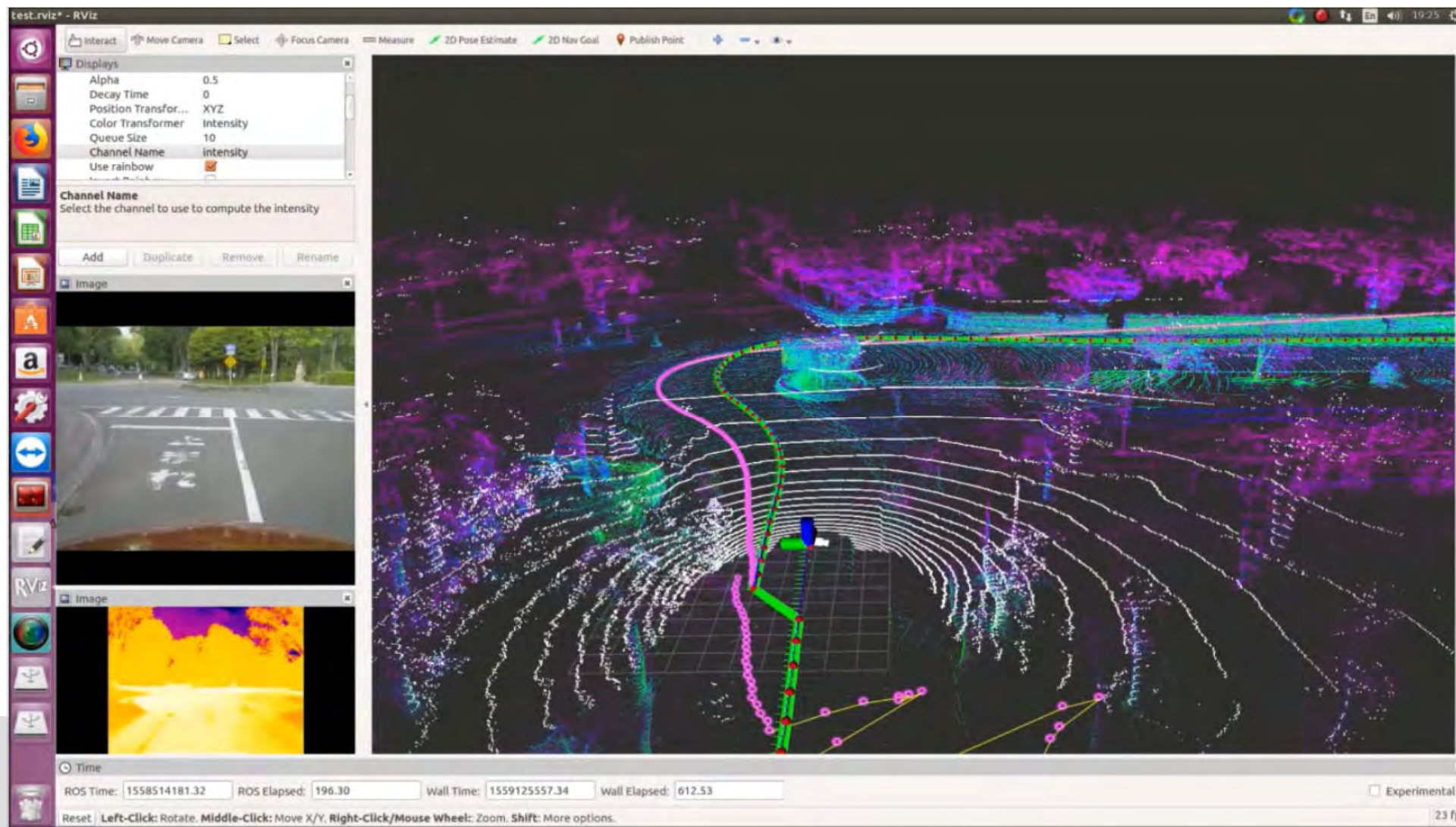
UAV + リモセン
(農林業への応用)

UAVによるインフラ点検
(港湾環境)



北海道大学

北海道大学学内における高精度3次元地図の生成



- LiDARやGPSなどのセンサを利用することによって、対象となる環境の高精度3次元地図を作成する
= **地図作成**
- 自動運転を行うためには、事前に作成された高精度地図の「どこに自分がいるか」ということを明らかにすることによって、目的地まで到達することができる
= **自己位置同定**
- **地図作成 + 自己位置同定**を同時に行う手法を**SLAM**といい、自動運転の重要なキーワードである



過去の実証実験(2017-2020)

9



- 冬季閉鎖区間を利用した実証実験を実施し、積雪・降雪環境下における自動運転に成功
- ただし、この環境に特化した技術であるため、汎用的な「積雪環境における自動運転技術」とはなっていない



- 汎用性向上が必要
- 社会実装を進めるための戦略の練り直し

2017年9月～2020年3月、積雪寒冷地域の交通弱者移動支援のための雪道走行を可能とする自動運転技術の開発、経済産業省、平成29年度サポイン事業（戦略的基盤技術高度化支援事業）



北海道大学

雪道における自動運転技術の課題

社会的課題を踏まえた研究の必要性

・除雪に携わる作業員の高齢化・人手不足

安全を確認する誘導員の作業をセンサによって代替する
ベテランが行っている作業を初心者にもできるようにする



積雪環境独自の課題

・積雪・降雪環境下における物流の問題

ラストワンマイルへの活用



非積雪環境では実証実験
が進んでいるが
積雪環境への対応に遅れ



[右図] 苫小牧民報「新千歳空港、除雪本格始動 大型散布車新たに導入、凍結防止に注力」

[中図] 時事通信「年賀状、配達開始＝日本郵便が出発式」2023年1月1日。

[左図] 京セラコミュニケーションシステム株式会社【お知らせ】北海道石狩市における無人自動走行ロボットを活用した移動販売の実証実験開始について2022年11月17日。



北海道大学

社会的課題を踏まえた具体的研究テーマの設定

・歩道除雪機の高機能化

安全を確認する誘導員の作業をセンサによって代替したい

→ ①降雪環境下におけるロボスト人検出システムの開発

・中型中速配送ロボットの雪上走行技術の研究開発

非積雪環境で実績のある配送ロボットを積雪環境に対応させたい

→ ②ロボストな自己位置同定技術の開発

雪堆積場における重機の遠隔操作支援

雪堆積場のブルドーザーやバックホーを遠隔操作することにより省力化を図りたい

→ ③不整地環境における情報提示システムの開発



研究成果を企業との共同研究に結びつけ、発展させるための包括的バックアップ

北海道大学 工学研究院 産学連携アドバイザーチーム



①ロボスト人検出システムの開発

歩道除雪機の誘導員を代替するシステムの構築

除雪環境

暗闇

逆光

降雪

暗闇や悪天候に強い
サーモカメラを活用

AI技術を利用した
検出システム

YOLOv5による人検出



サーモカメラ



3D-LiDAR

歩行者検出

センサフュージョン

距離推定

アラート発出

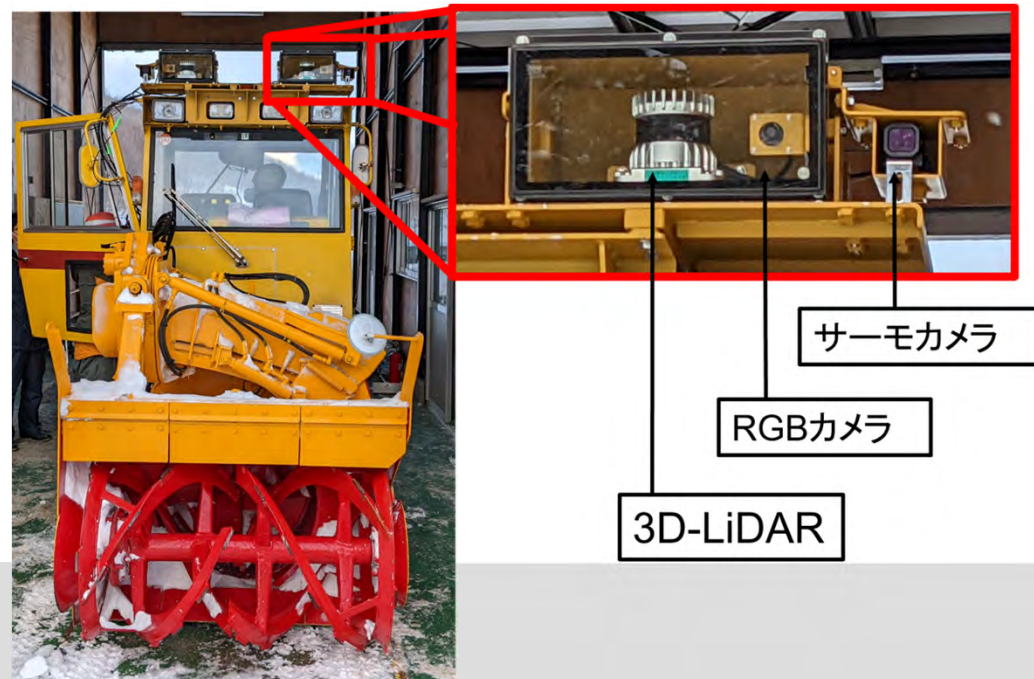
[6]高橋悠人, 江丸貴紀, 降雪環境におけるサーモカメラを用いたリアルタイム人検出システムの開発, 第23回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2A2-D13, 2022.

本研究は, 株式会社NICHIOとの共同研究として実施

①実証実験(21年度)@株式会社NICHIJOテストコース

13

内容	除雪車にセンサを搭載 テストコース上で歩行者を撮影
センサ	サーモカメラ、3D-LiDAR、RGBカメラ
天候	晴れ / 雪
時間	昼 / 夜



①アラートシステムの動作例

14



□: 15m～ □: 10～15m □: ～10m

DANGER!

: 3フレーム以上連続して歩行者が10m以内にいる時に表示



北海道大学

①これまでの結果 および 今年度の計画

定量的な評価

	降雪なし	降雪あり
AP50	99.1%	99.5%
AP50:95	74.4%	71.4%



降雪中でも高精度に検出できた

処理系の小型化・リアルタイム性の評価

歩行者検出
35ms

センサフュージョン
1ms

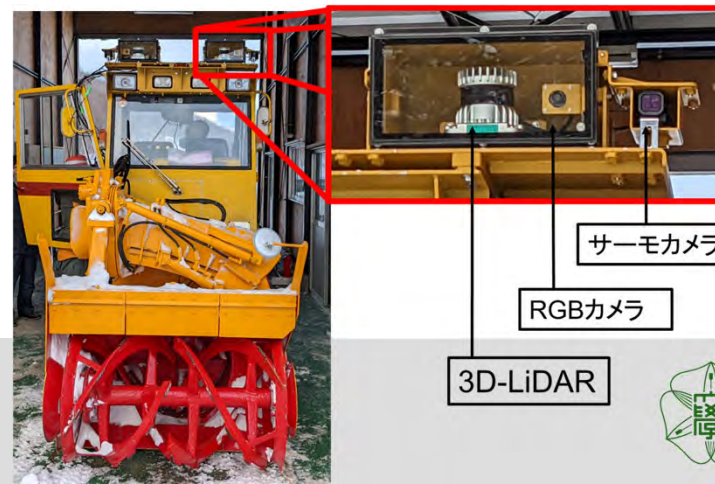
距離推定
3ms

システム全体
約40ms

動作環境：
Jetson AGX Xavier
Size : 105×105×65[mm]

今年度の計画

2月4日（土）（予備日，2/5）にセンサを搭載した歩道除雪機を北海道大学構内の歩道環境において運用し，実証実験を計画中。



サーモカメラ

RGBカメラ

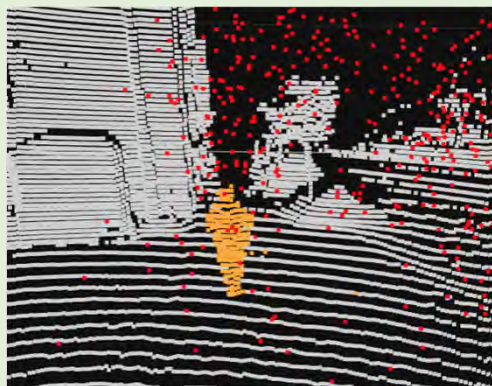
3D-LiDAR



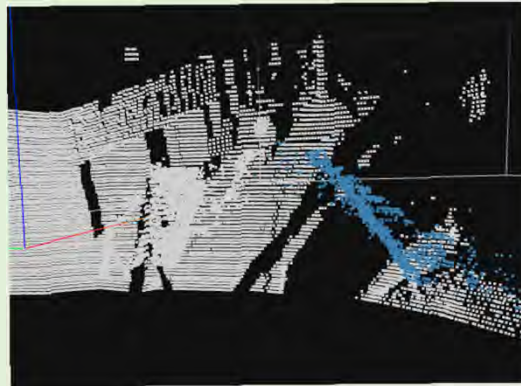
北海道大学

②ロボストな自己位置推定技術の開発

① LiDARに重畳する降雪・除雪雑音の除去



降雪によるノイズ(赤色)

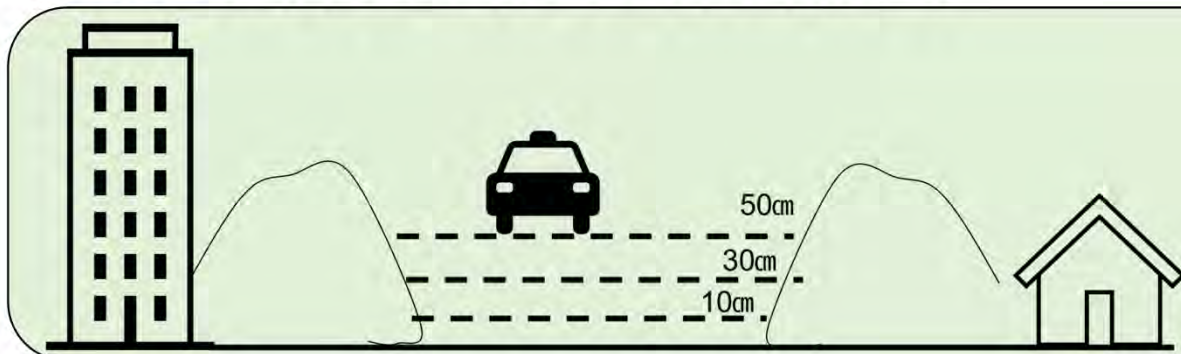


除雪によるノイズ(青色)

物体検出の精度
自己位置推定の精度

低下

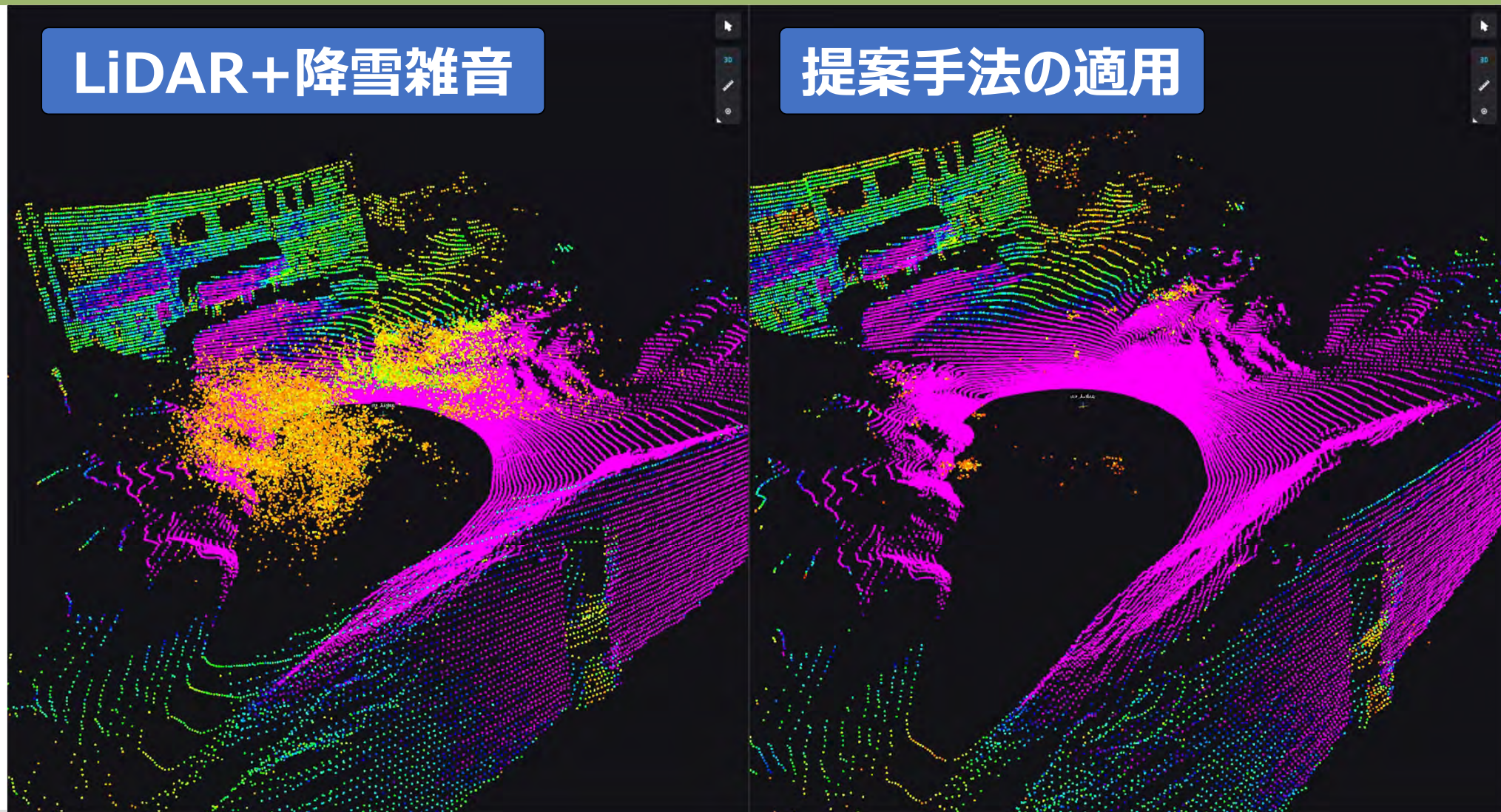
② 道路脇に堆積する雪山の影響の除去



雪山や道路に積もった
雪によって、周囲環境
が異なって認識される



②LiDARに重畳する降雪・除雪雑音の除去



AI技術（深層学習：WeatherNet）を応用することにより，降雪を認識して除去を行う

[7]高野睦巳，江丸貴紀，深層学習を用いた降雪・除雪状況下での LiDAR データに重畳する雑音除去，第23回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会，2A2-D12, 2022.



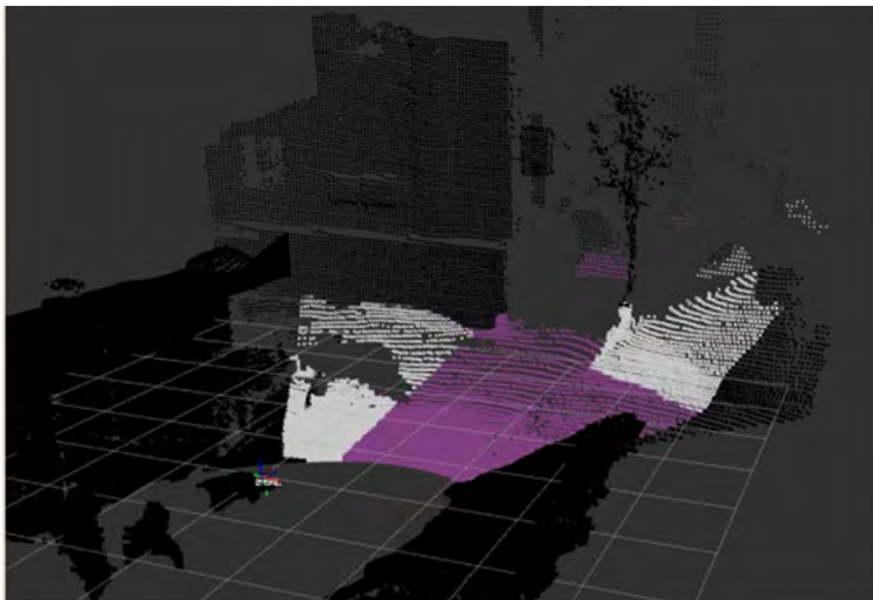
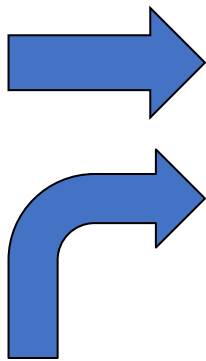
北海道大学

②道路脇に堆積する雪山の影響の除去

3次元距離情報



2次元情報

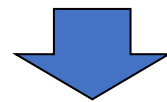


意味情報が付与された
3次元距離情報



雪山と見なされた距離情報を
除去することによって
自己位置同定精度が改善する

問題点



雪山の真値（本当の体積）を
計測することが非常に難しいため、
提案手法を定量的に評価できない



画像情報から雪山を認識するAI

②シミュレーションによる提案手法の評価

19

積雪環境と除雪車のモデルを用意



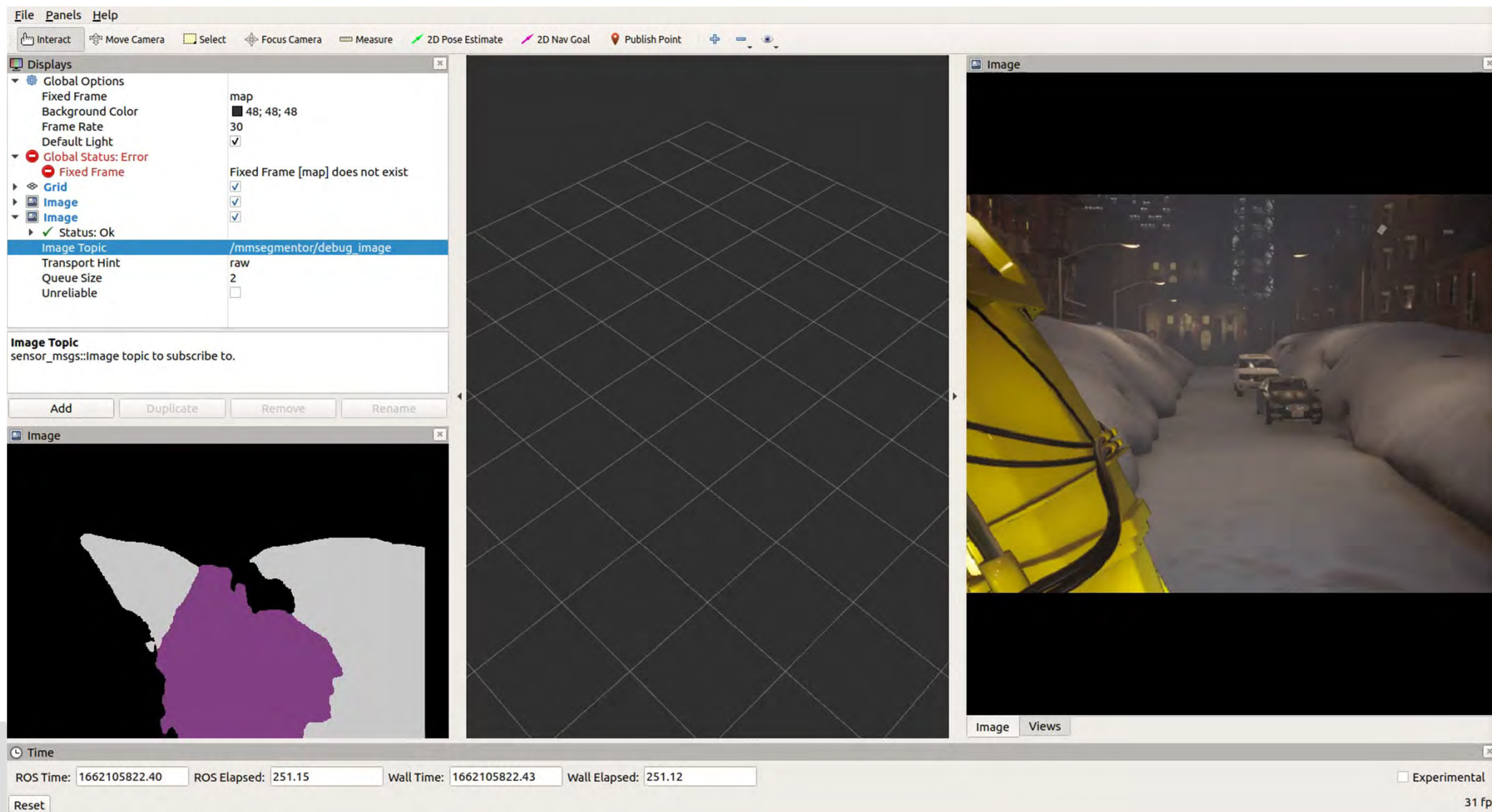
[a] Summer



[b] Winter



[c] 除雪機のモデル



②自己位置同定に関する今年度の実証実験

LiDARに重畳する雑音・雪山の影響の評価

Google 航空写真

事前地図（非積雪時）



自律走行による評価



北大構内における実験^{*3}（2022年12月）

降雪時，さらに雪山がある状態で再度データの取得を行い，提案手法によりそれらの影響がどの程度除去できるのかを定量的に評価する

様々な提案手法を組み合わせることにより，「ロバストな雪道での自動運転」の実現に向けた実証実験を行う

^{*3}本実証実験は，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が公募し，2022年6月に京セラコミュニケーションシステム株式会社が採択された「革新的ロボット研究開発基盤構築事業／自動配送ロボットによる配送サービスの実現」の取り組みの一環として実施。

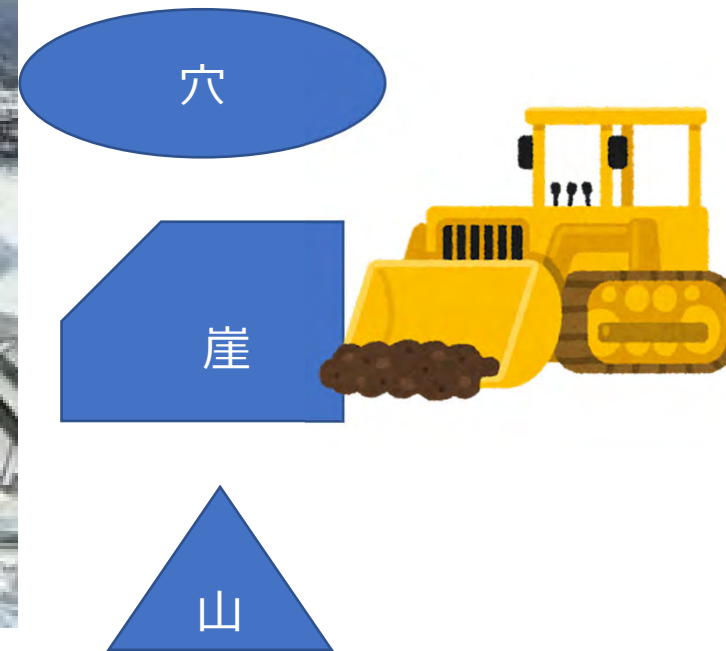


③不整地環境における情報提示システムの開発

- 雪堆積場での重機を遠隔操作したい
- 複数の作業場に機械を置いておけば，オペレータの人員削減が可能
- 作業環境が特殊 → 操作者に崖や穴、山などの危険箇所を標示したい



YouTube: 北海道新聞 どうしん動画ニュース



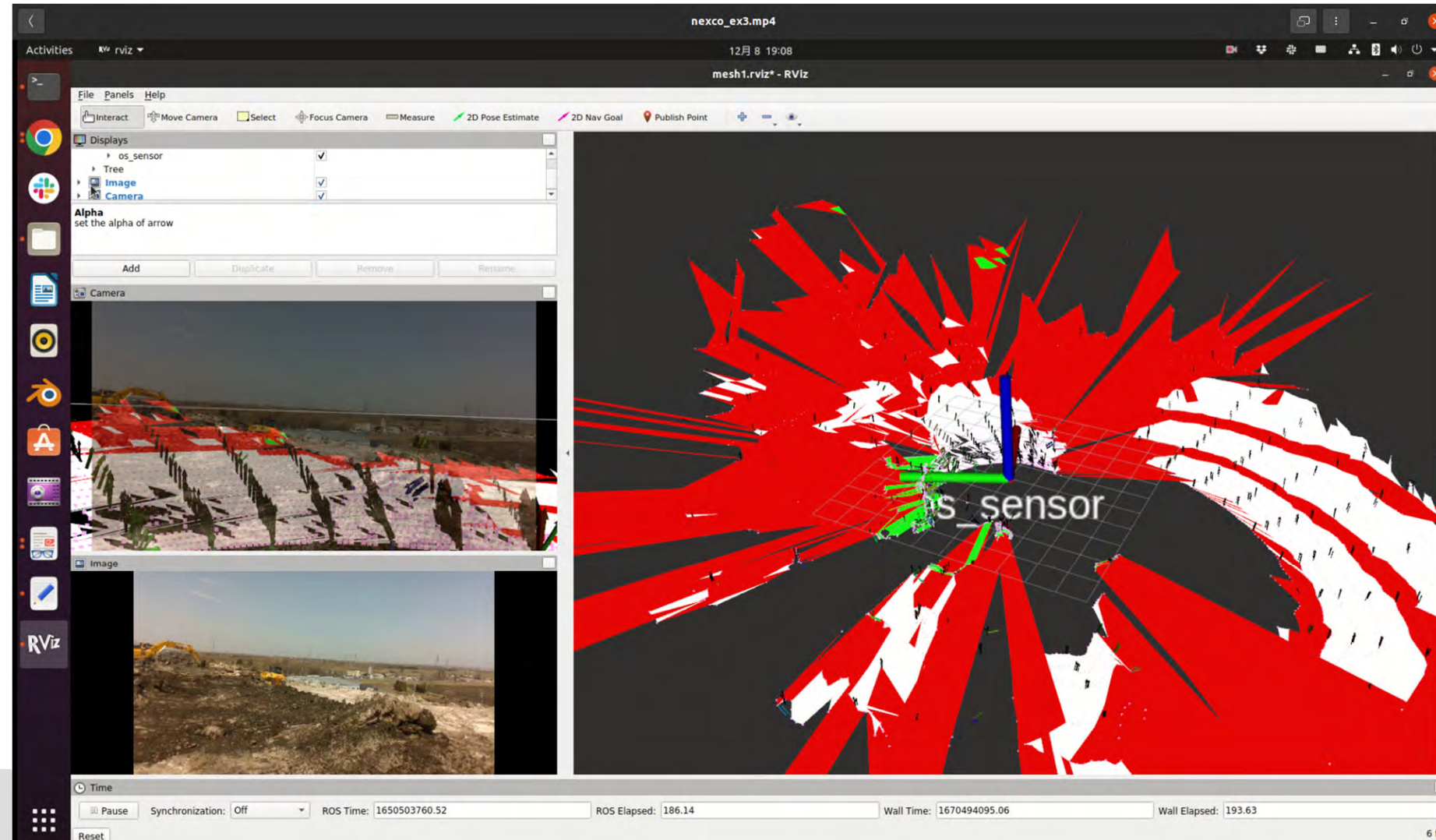
遠隔操作者へ
地形情報などを
提示をする



③不整地環境における情報提示システムの開発

22

検出された危険箇所を通常のカメラ画像に重畳して表示した



動画中の各メッシュの色

- ・ 赤: 崖
- ・ 緑: 山
- ・ 青: 不整地

備考

- ・ LiDARを手で持って撮影

今年度の計画

2～4月の日程で
雪堆積場において
センサを取り付けた
ブルドーザーによる
実証実験を行う



北海道大学

北海道大学大学院工学研究院
機械・宇宙航空工学部門
准教授 江丸 貴 紀

TEL: 011-706-6409

Email: emaru@eng.hokudai.ac.jp

