

Human machine harmonization system consortium

CONSORTIUM

人間機械協奏技術コンソーシアム



# 人間機械協奏技術を用いた 未来型物流拠点の構築を目指して

名古屋大学  
河川 信夫

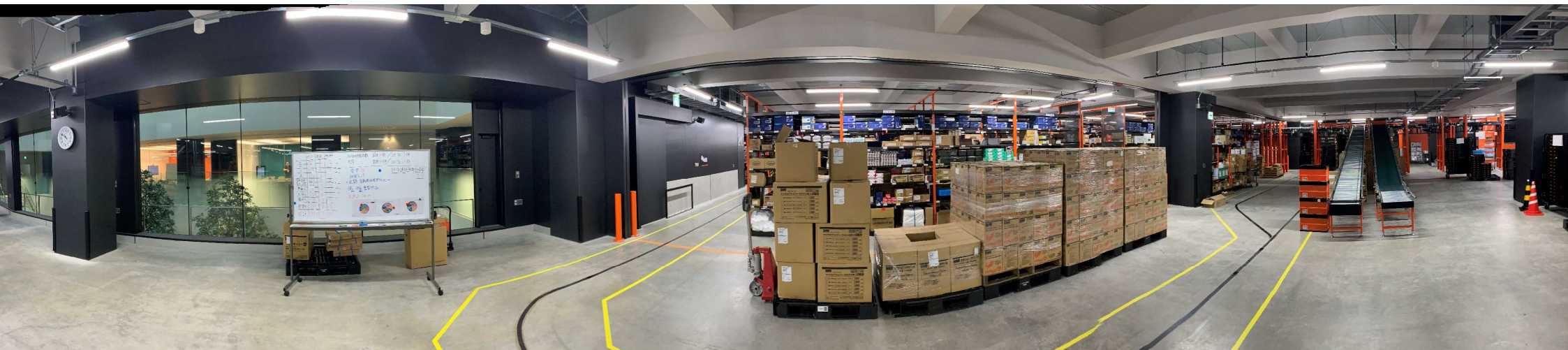
# 人間機械協奏技術コンソーシアム

- <http://hmhs.jp>
- 2015年から、JST OPERA で実施  
名古屋大・早稲田大・東工大・産総研が中心
- テーマは「人間と智能機械の共創技術の構築」
- 様々な技術を「Harmoware」としてライブラリ化  
<https://harmoware-jp.netlify.app/>

# 物流倉庫における人間機械協奏

- Harmoware の統合的な利用先として、物流倉庫を想定  
(人と智能機械が協奏して働く現場)
- 2019年からトラスコ中山様の協力の下、実証実験を実施  
(2019年はロボット1台、2020年は2台で実施)

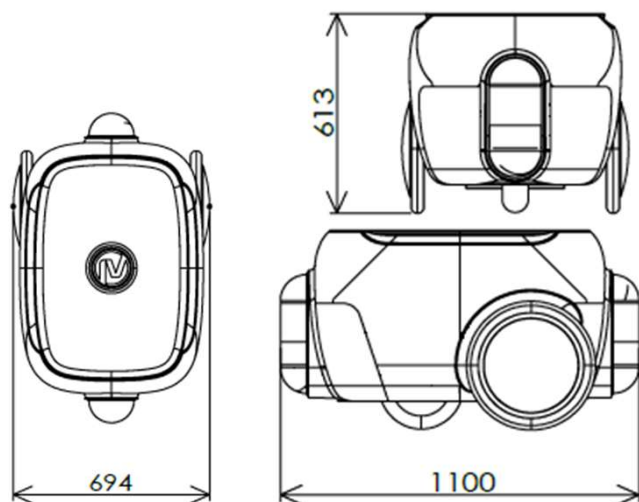
実証実験場所： プラネット埼玉 (50万アイテム以上を対象とした最新物流倉庫：床面積：12904坪)



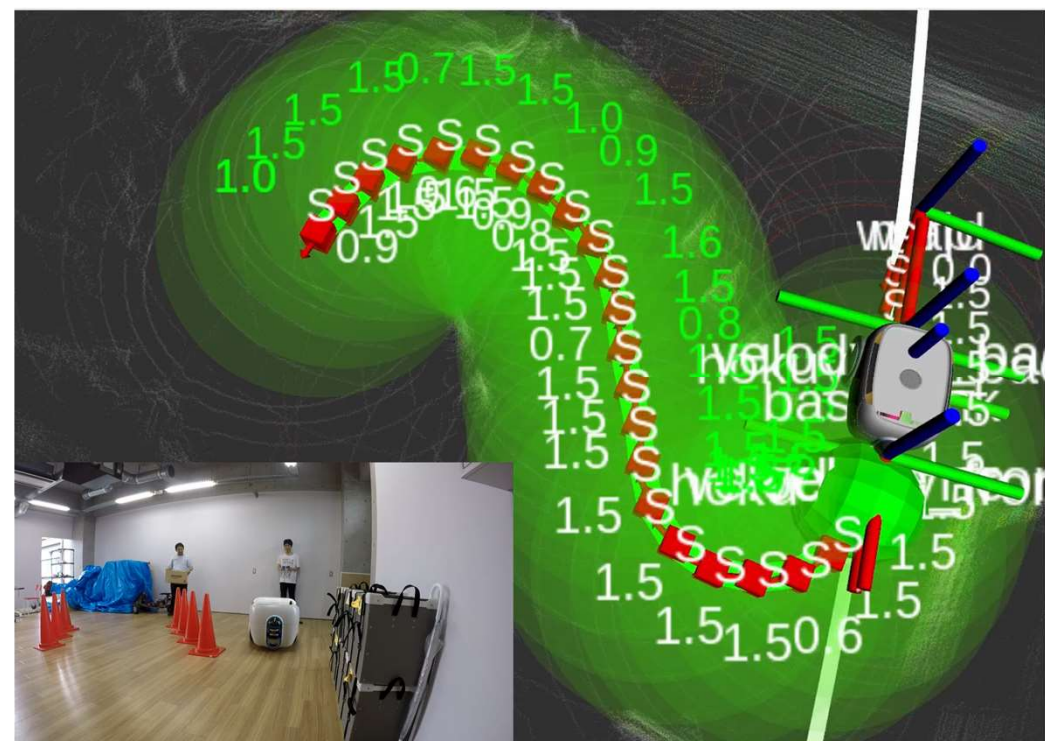


# 実証で利用したAGV: LogieeS-TC

- Autowareで遠隔・自動走行が可能（自己位置推定）
- サイズ: 694x1100x613mm
- 650mmx450mm 程度の20kg 程度の荷物を搭載可能(補強すれば100kg以上も可能)
- 150kg 程度はけん引も可能（ただし、けん引の仕組みは要検討）
- 駆動方式：対向2輪型駆動（2輪独立駆動）
- 車輪サイズ：16inch
- 移動速度：6km程度
- 最大移動距離：16-24 km程度



Autowareによる自動制御の例





# 環境3Dモデルの構築 (産総研)

2019年

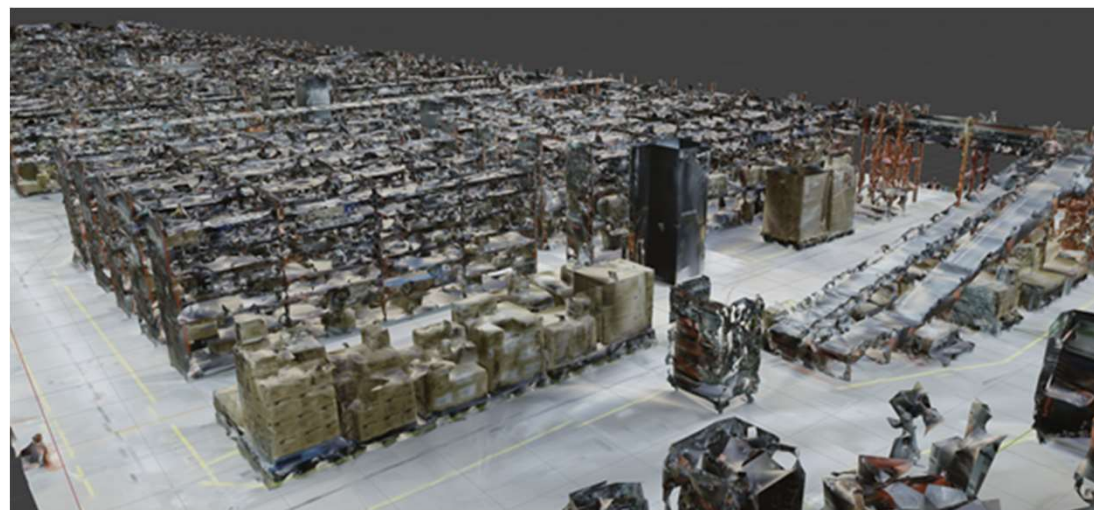
想定より通路幅が狭く棚が高かったことから  
3-Dモデルの自動構築に失敗

→手作業 (職人技) でモデルを構築



2020年

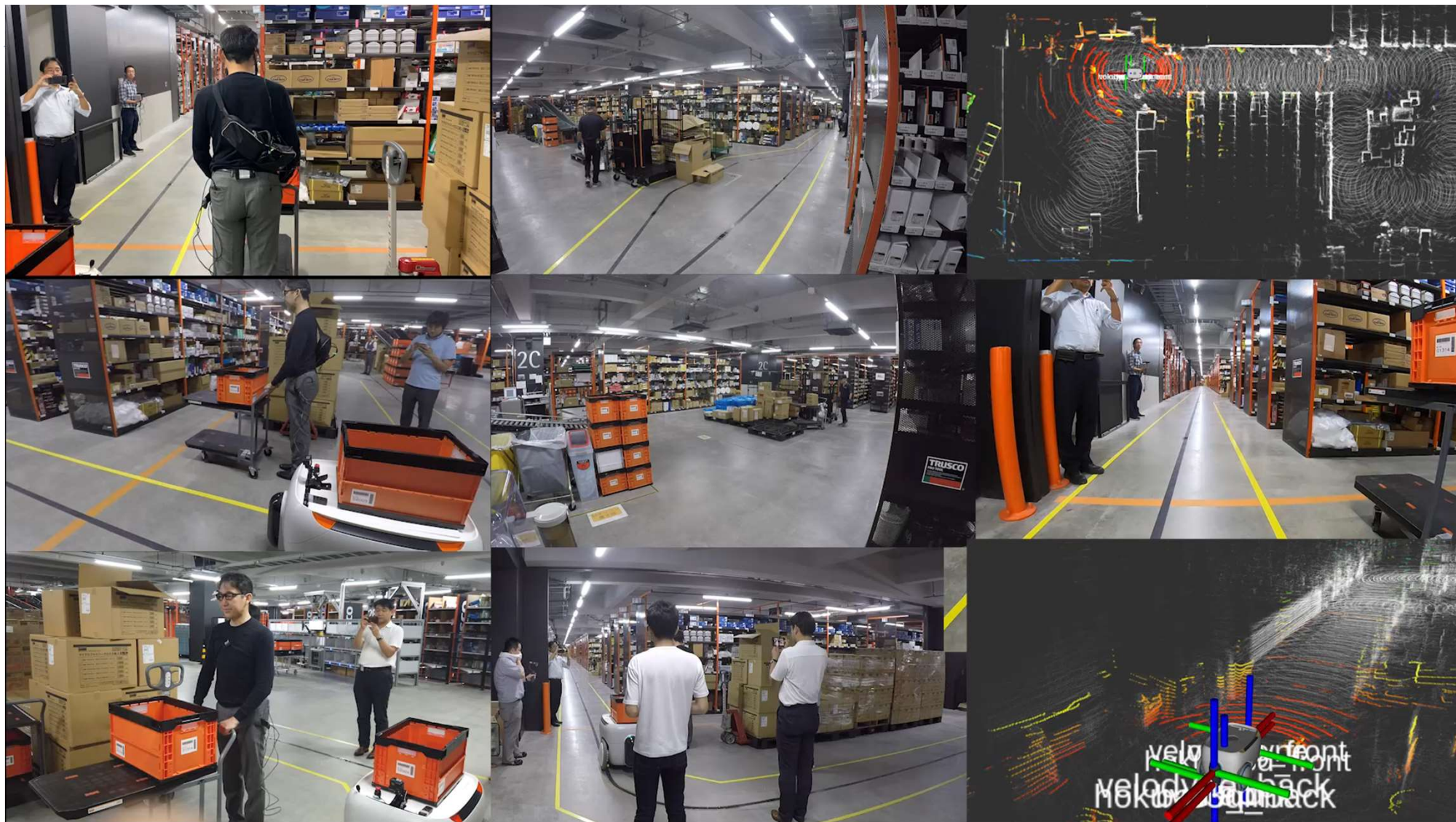
ノイズ除去などの簡単な作業をのぞき、全自動での3-D  
モデル構築に成功





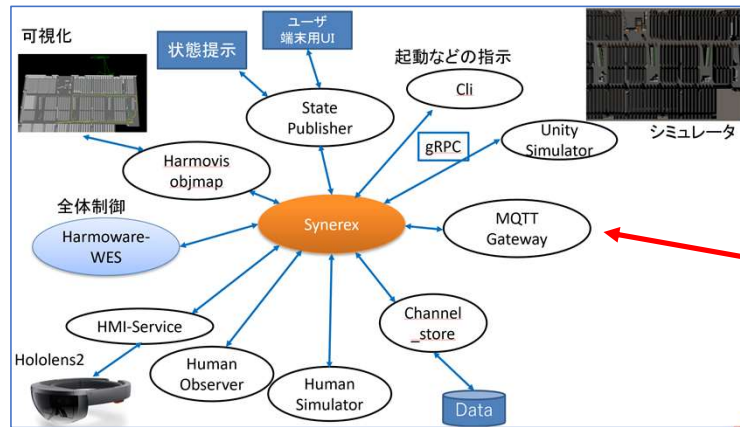


# 実証実験(2019)の様子

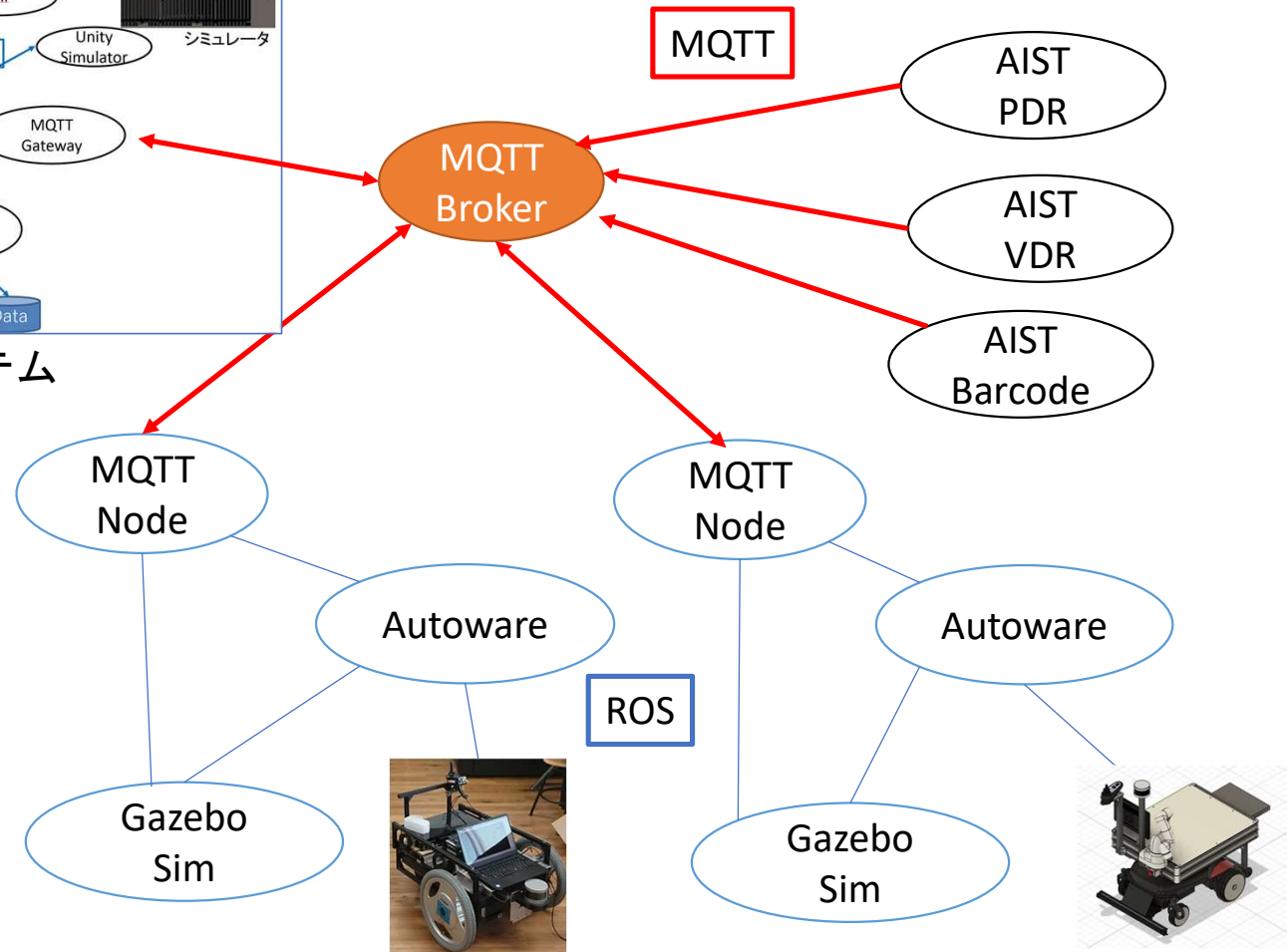




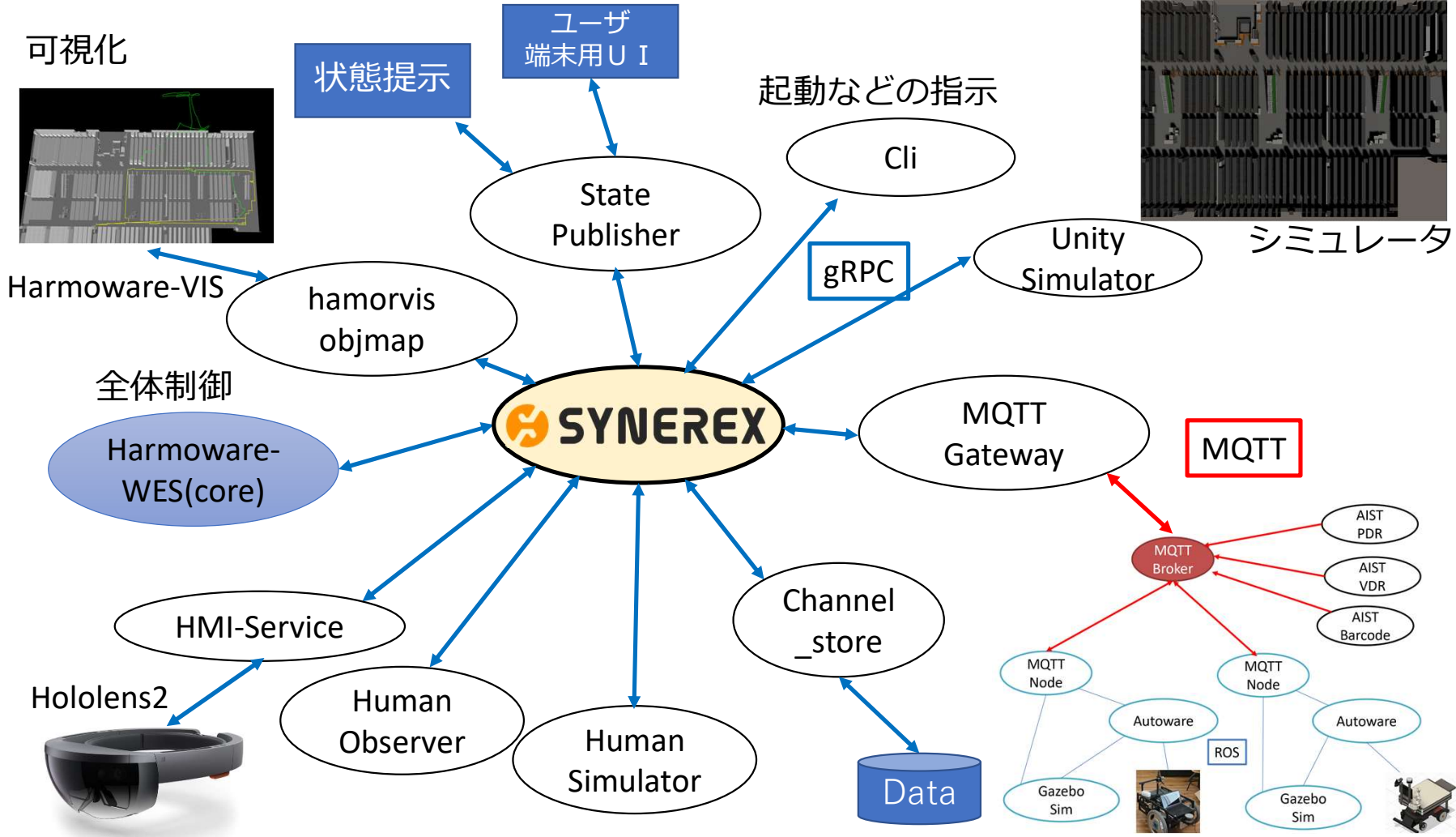
# Harmoware による連携の設定 :



Harmoware-WES システム



# Harmoware-WES System



# 実験の様子





# 複数台のロボット稼働の実証実験の様子(2020年)



# 現場のモデル化（シミュレーションでの動作）

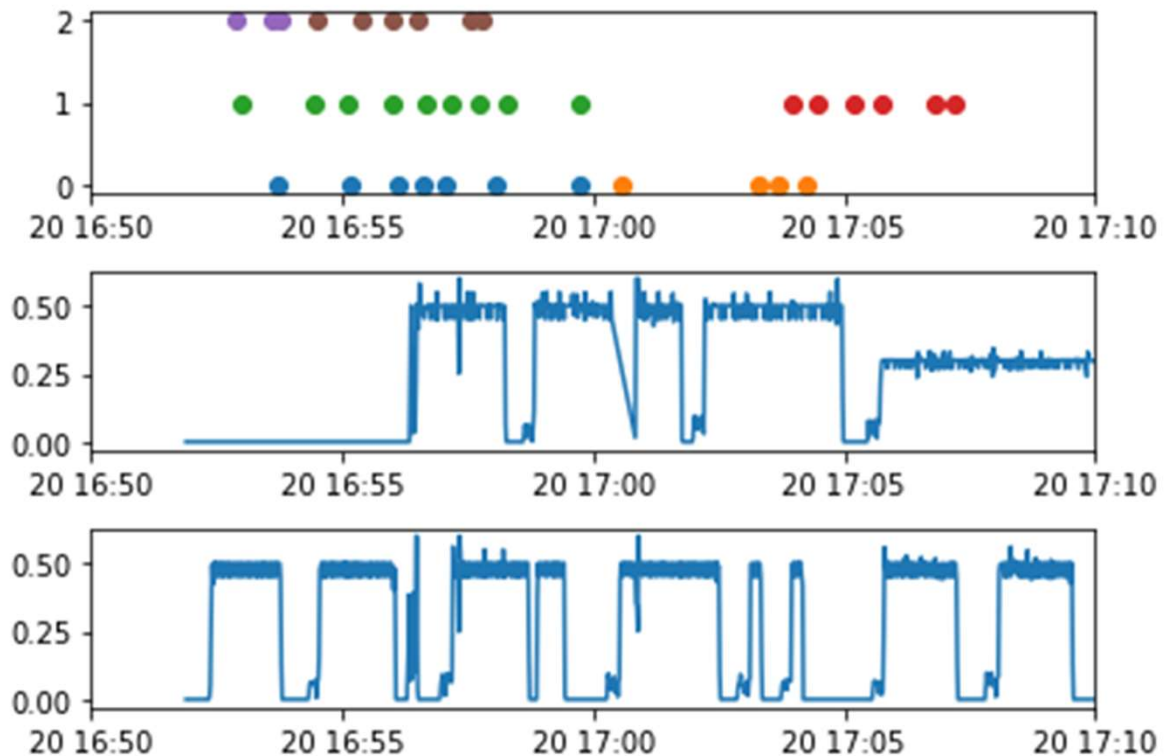
The image displays a complex simulation environment with several overlapping windows and a central 3D view. The main window, titled "Harmoware-VIS Synerex Provider", shows a 3D perspective view of a warehouse floor with numerous rectangular blocks representing storage units or pallets. A navigation panel on the right side includes a "移動データ表示" (Move Data Display) checkbox, a "移動データオプション表示" (Move Data Option Display) checkbox, and a "ナビゲーションパネル" (Navigation Panel) with zoom in (+), zoom out (-), and up arrow (▲) buttons. Below these are "PAUSE" and "REVERSE" buttons, a timestamp "再現中日時 2021/08/19(木) 13:26:11", a progress indicator "経過時間 4 秒 / 全体 11 秒", a speed slider set to "3600 秒/時", and "Clear Move" and "Clear Obj" buttons. Further down are settings for "マップ表示設定" (Map Display Settings), "ヒートマップの設定" (Heatmap Settings), "グラフの設定" (Graph Settings), and "メッシュの設定" (Mesh Settings). A "62 fps" indicator and "© Mapbox © OpenStreetMap Improve this map" are visible at the bottom right.

Other windows include "Synerex+HarmoWES(0.5.2)" with a log window showing map and agent data, "NodeServ" with a log window showing state changes, and "SxServer" with a log window showing subscription messages. A bottom control bar contains buttons for "初期化" (Reset), "シミュレーション開始" (Start Simulation), and "状態消去" (Clear State).

# 実証実験で得られた成果

- シミュレーションでは実際の人動き・時間が予測困難
- 実証実験で得られたピッキング速度とロボット移動速度を用いて、再度、シミュレーションを実施

- 現場での実証に近い環境がシミュレーションで可能に



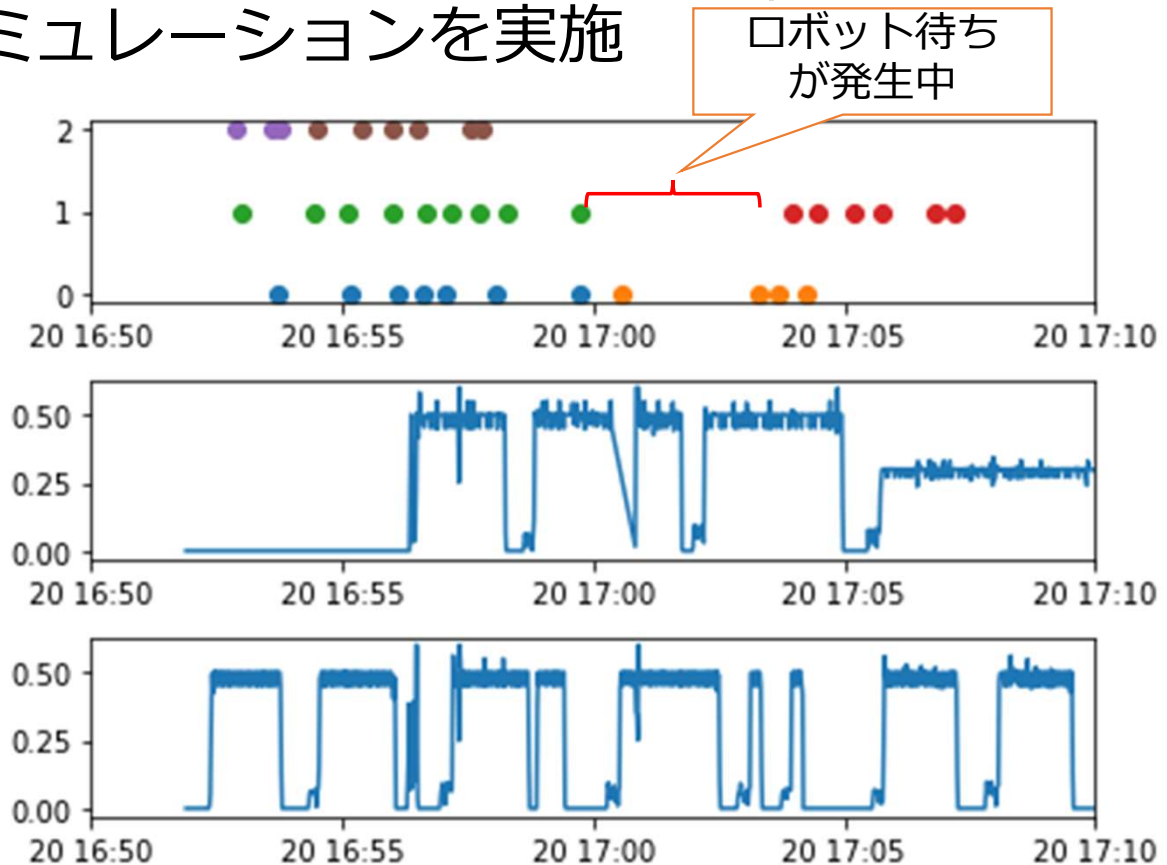


# 実証実験で得られた成果

- シミュレーションでは実際の人動き・時間が予測困難
- 実証実験で得られたピッキング速度とロボット移動速度を用いて、再度、シミュレーションを実施

- 現場での実証に近い環境がシミュレーションで可能に

- 3人+2台では、人がロボットを待つことになる



# BLEビーコン配置(計90個)

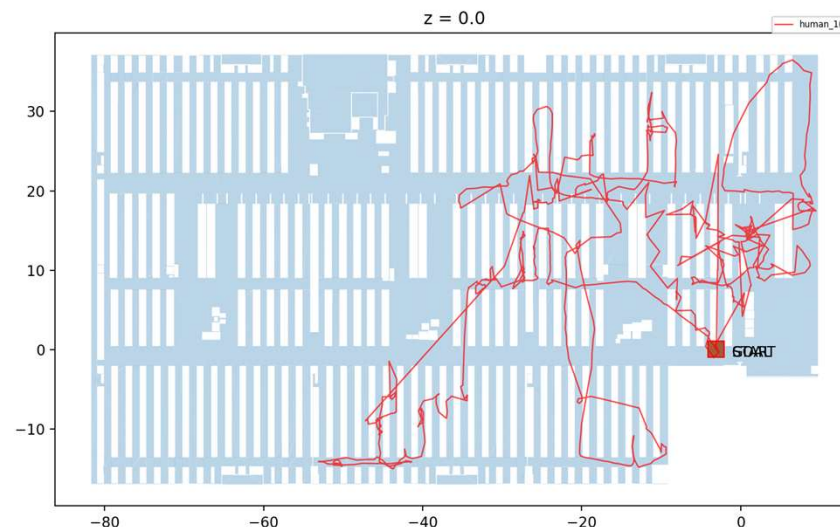


# 2020年の実証実験：xDRとの連携

- Harmoware 連携の通信機構の  
実用可能性を確認
- 現地での電波補正の調整不足・  
通信トラブルが発生

バーコードリーダー活用による  
リアルタイム位置補正の有効性を  
確認

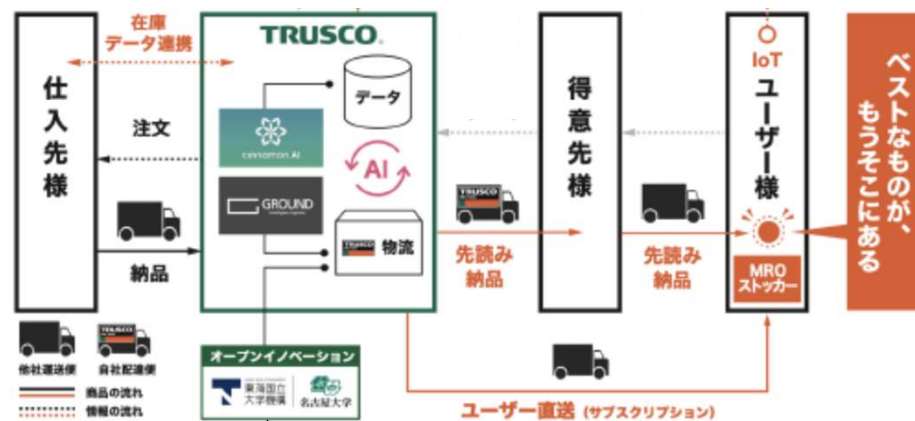
- 実証実験としての頑健性の不足  
(**短期間の実証では、困難。。。**)





# 現場を活用したオープンイノベーション（オンサイト共創モデル）

## トラスコ中山 様



次世代物流拠点として実装  
(北名古屋市に予定：P愛知)

包括連携協定



## 名古屋大学 未来社会創造機構（共創の場）

- ・ OI推進室（産学連携コーディネート）
- ・ 未来社会デザイン学センター（社会的視点での研究）
- ・ モビリティ社会研究所（要素技術の研究）
- ・ TMI卓越大学院（博士人材の育成）



サテライトラボ（ト社P東海内）  
技術実証プラットフォーム

運営支援



人間機械協奏技術コンソーシアム  
Harmoware



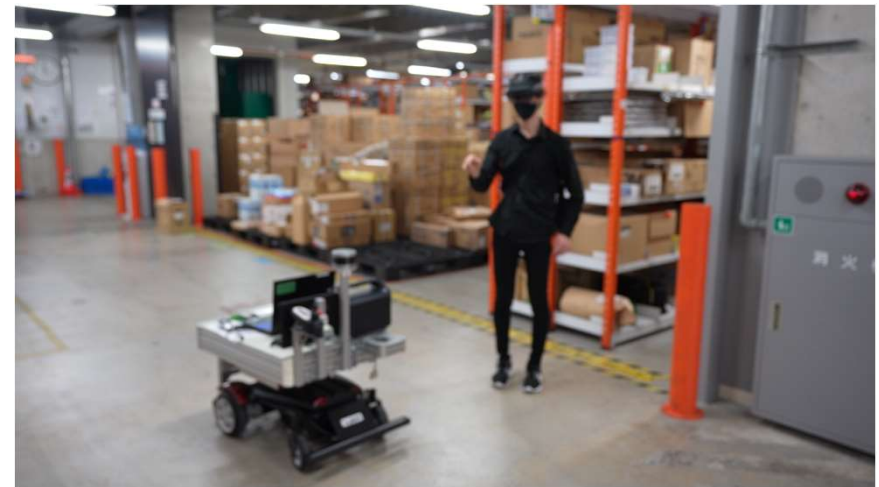
コンソーシアム企業  
要素技術

# 物流倉庫における「オンサイト共創モデル」が果たす機能

- 未来型の物流センターにおける**オープンイノベーション拠点**
  - 名古屋大学だけでなく、コンソなどを通じて、他事業者との共創の場になることも想定
- ロボット・人連携の枠組みの実証的研究開発
  - デスクでの開発と、実ロボットを触るスペースを同居
  - ある程度ロボットを走らせることが可能な実証スペースも
  - 様々なロボット・センサを持ち込んで多様な実験を可能に
- **デジタルツイン・遠隔監視**などの新技術の展示場へ
  - 実際に運用しつつ、**次の技術を常時試せる**環境を
  - 外部からの見学などを積極的に受け入れ

# 新しい現場実証モデルの必要性

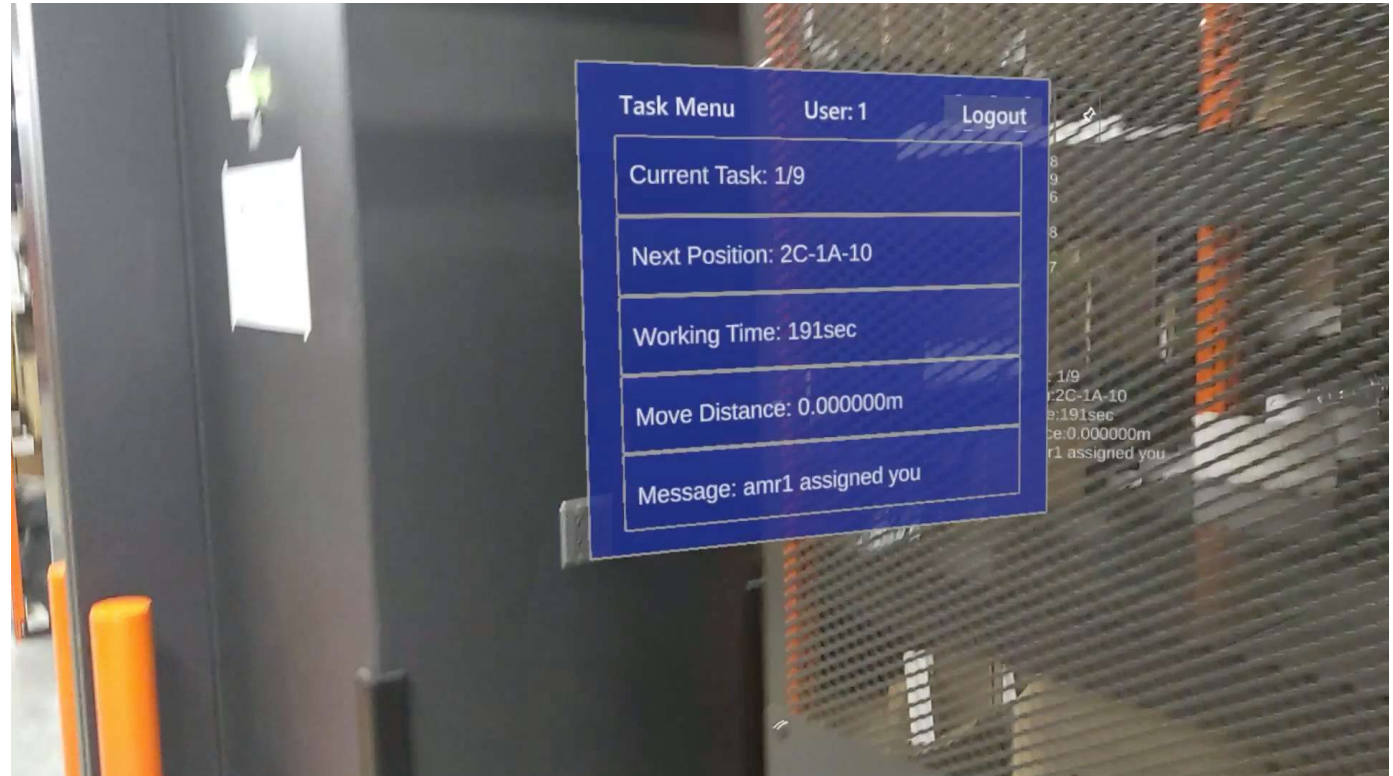
- 現場のデータ化・見える化・モデル化  
(デジタルツイン化)
- 基本は様々なセンシングを「**頑健に**」実施
  - ネットワーク (固定機器は固定ネットワークに)
  - ロボット制御 (HMI も)
  - センサー選定と設置
    - LIDAR、カメラ
    - Bluetooth ビーコン/タグ
  - データ統合の方法論





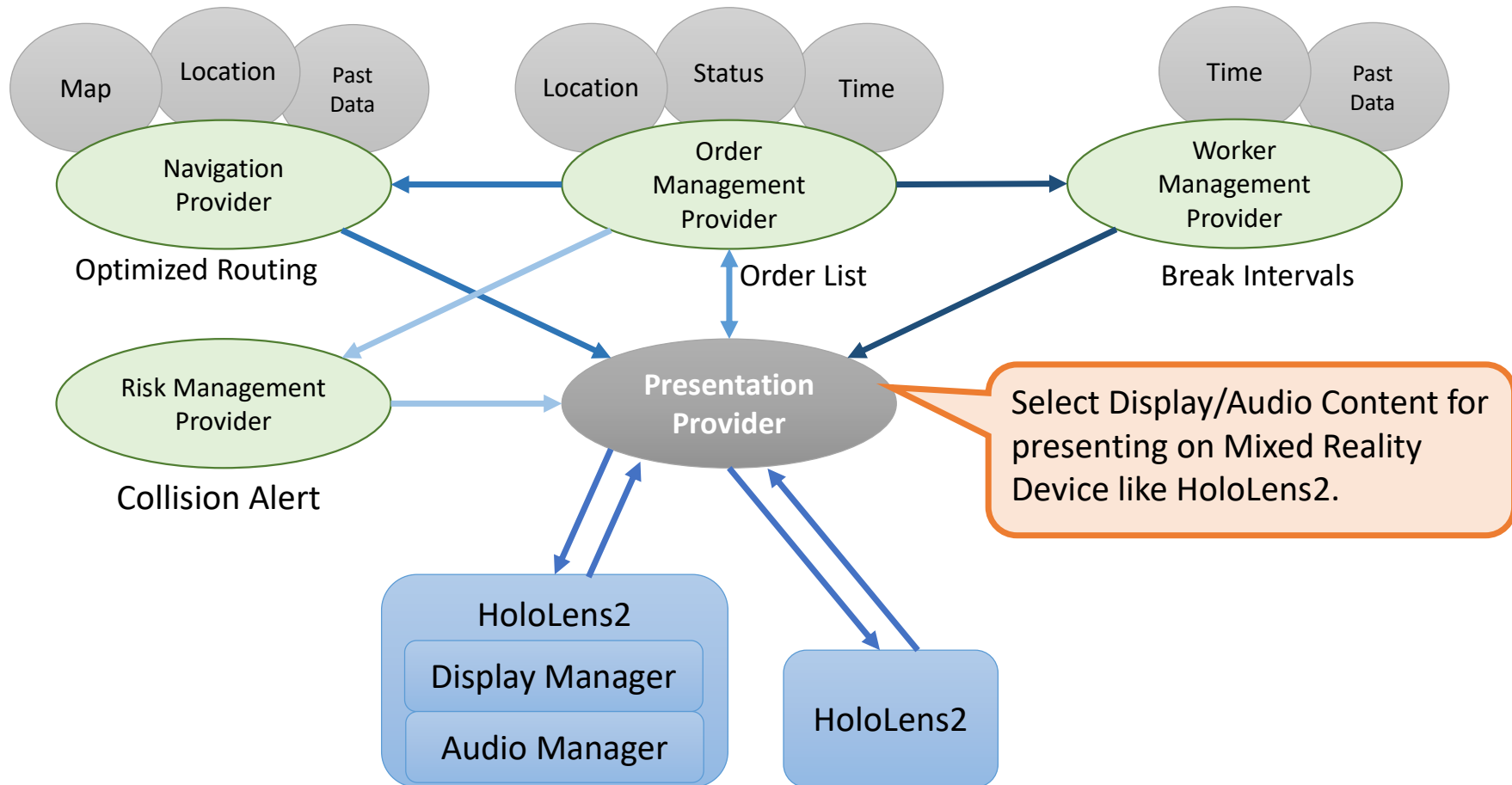
# 物流倉庫向けのMixed Reality

## ■ HoloLens2を利用



作業者のディスプレイに様々な情報を重畳表示

# Mixed Reality Presentation Selector for Warehouse



# トラスコ中山様 プラネット東海 (愛知県岡崎市) 共同実験室

(設置準備中)





# P 東海のマップ計測:2021 (産総研)

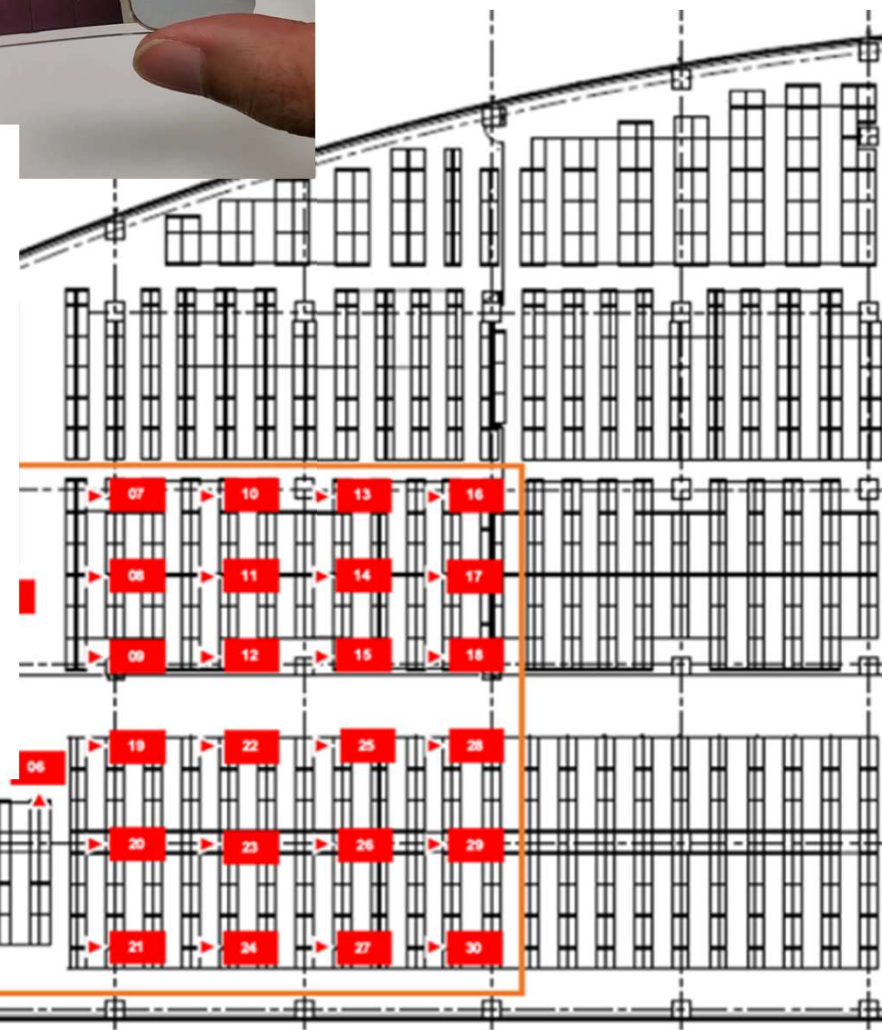
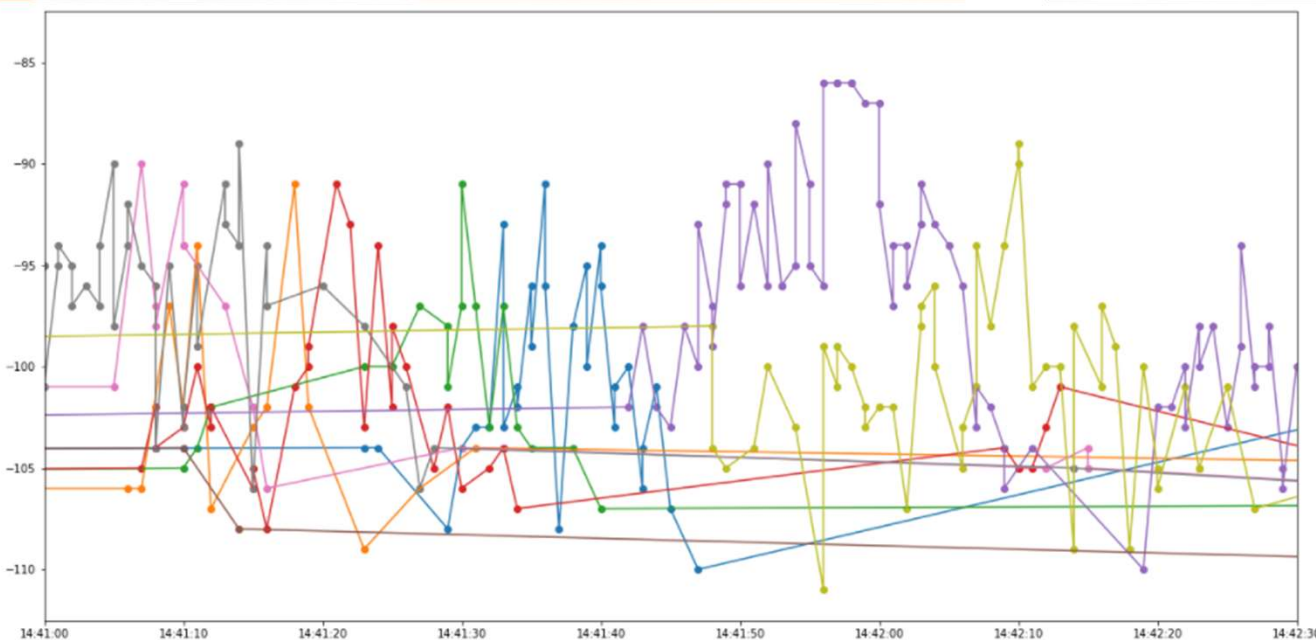
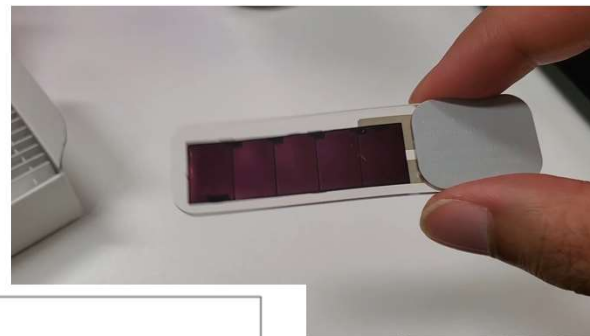


# 現場でのセンサー設置作業





# Bluetooth LowEnergy タグ(PulsarGUM)



電波強度で、人やモノの位置を計測

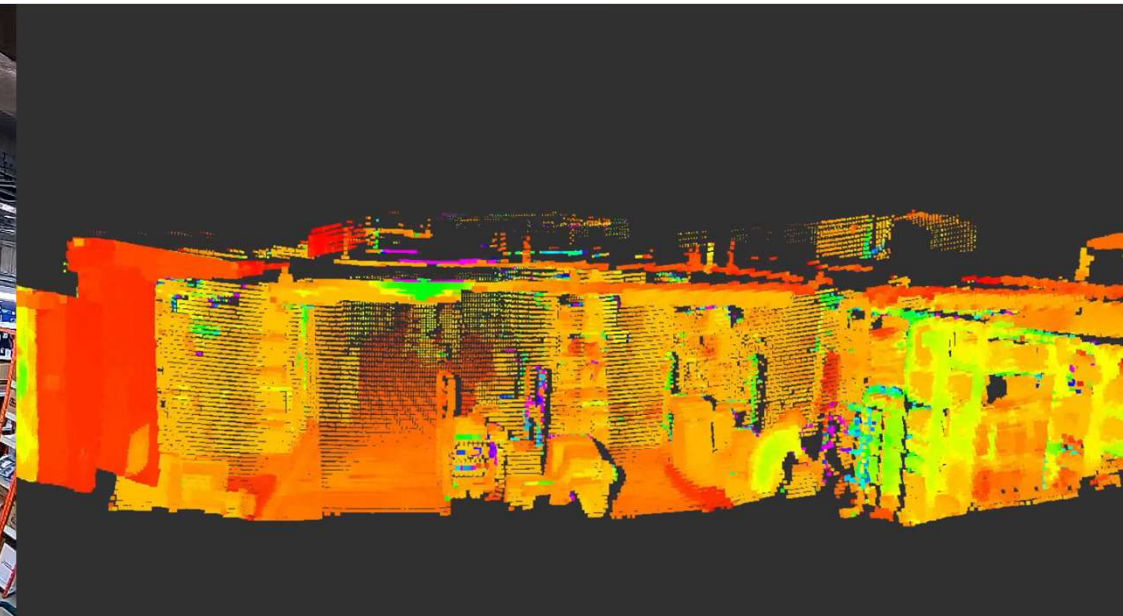
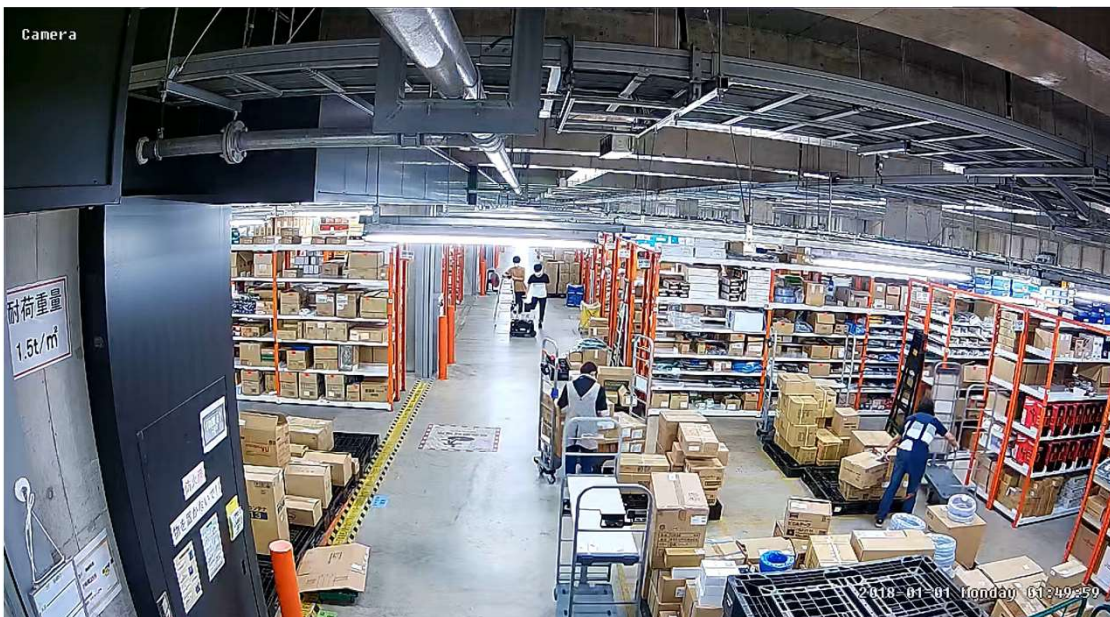
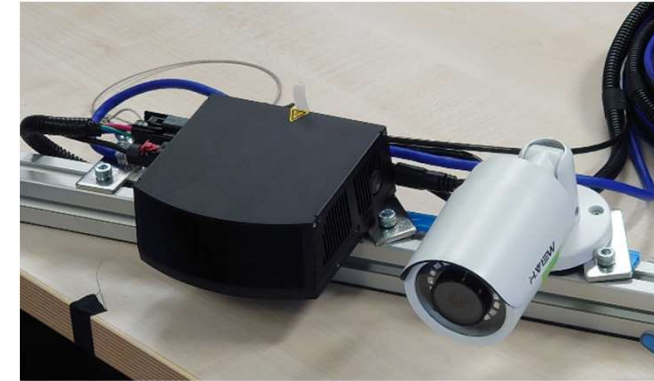
太陽電池で動作するため、  
電池交換が不要



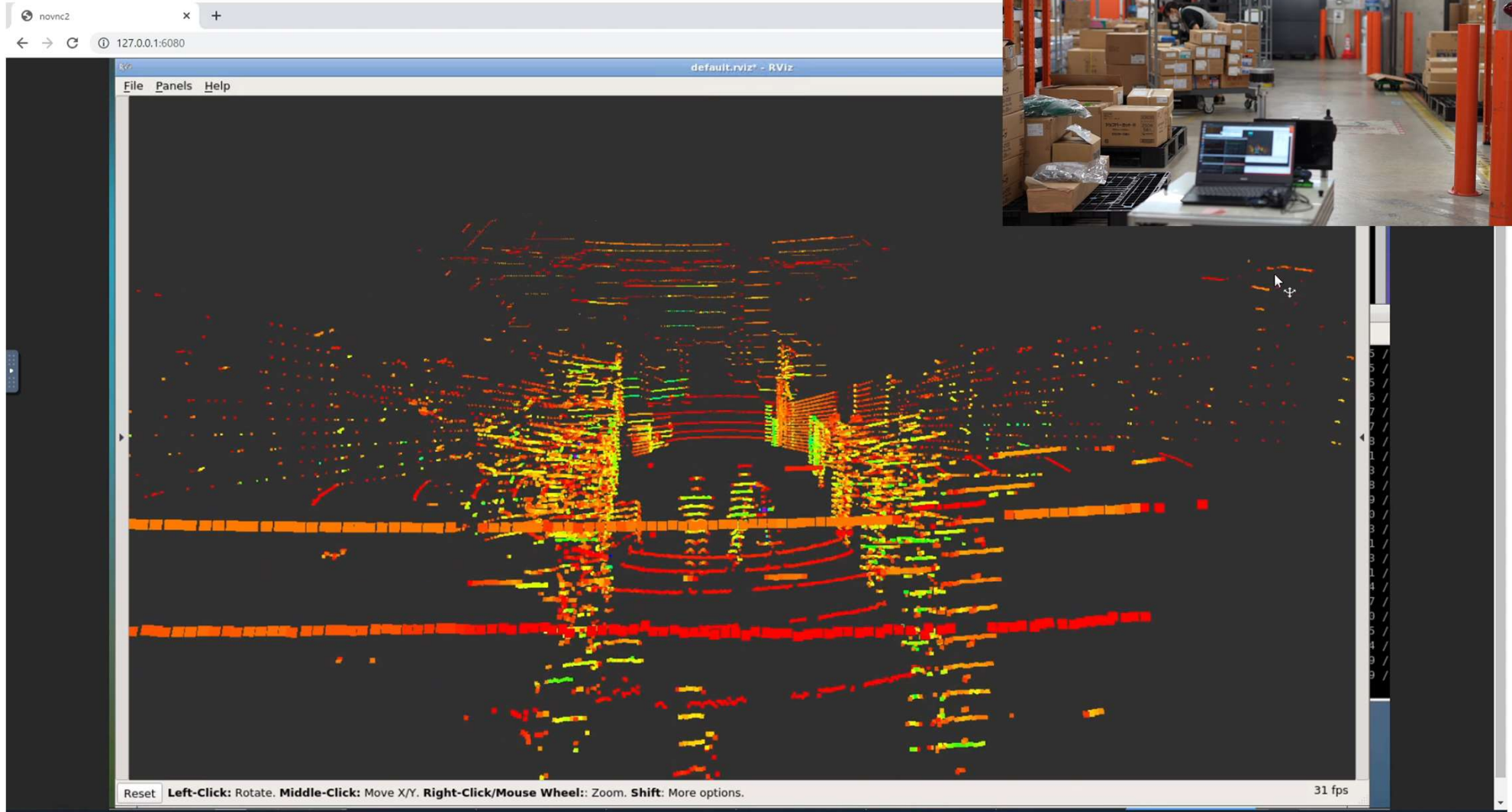
# 固定LiDAR + カメラによる計測

LiDAR : Robosense LiDAR-M1 : 75万点/秒  
FOV:  $\pm 12.5$ 度  
(自動運転用を固定設置で利用)

カメラ : 4K解像度

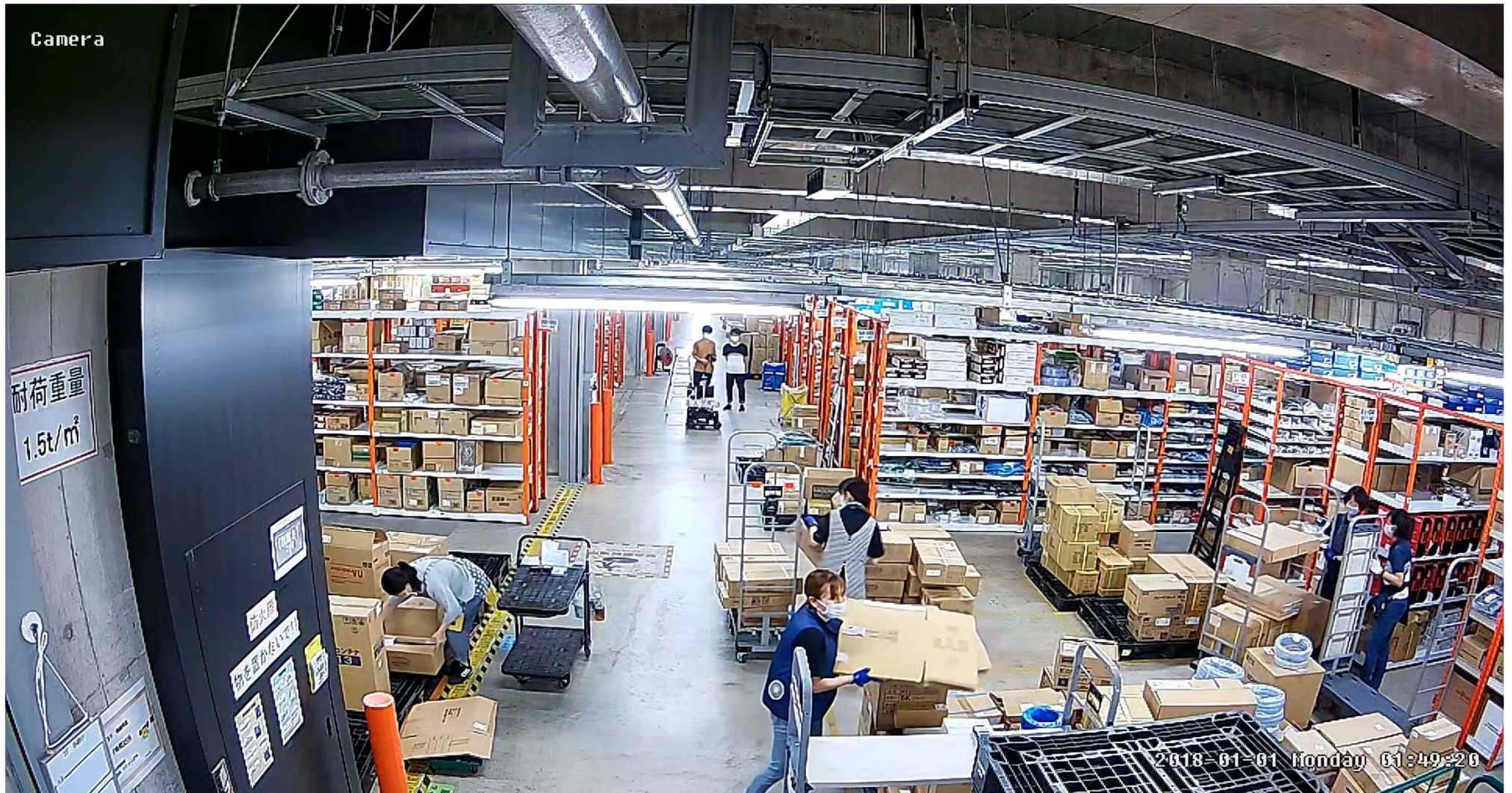


# ロボット側からの視点



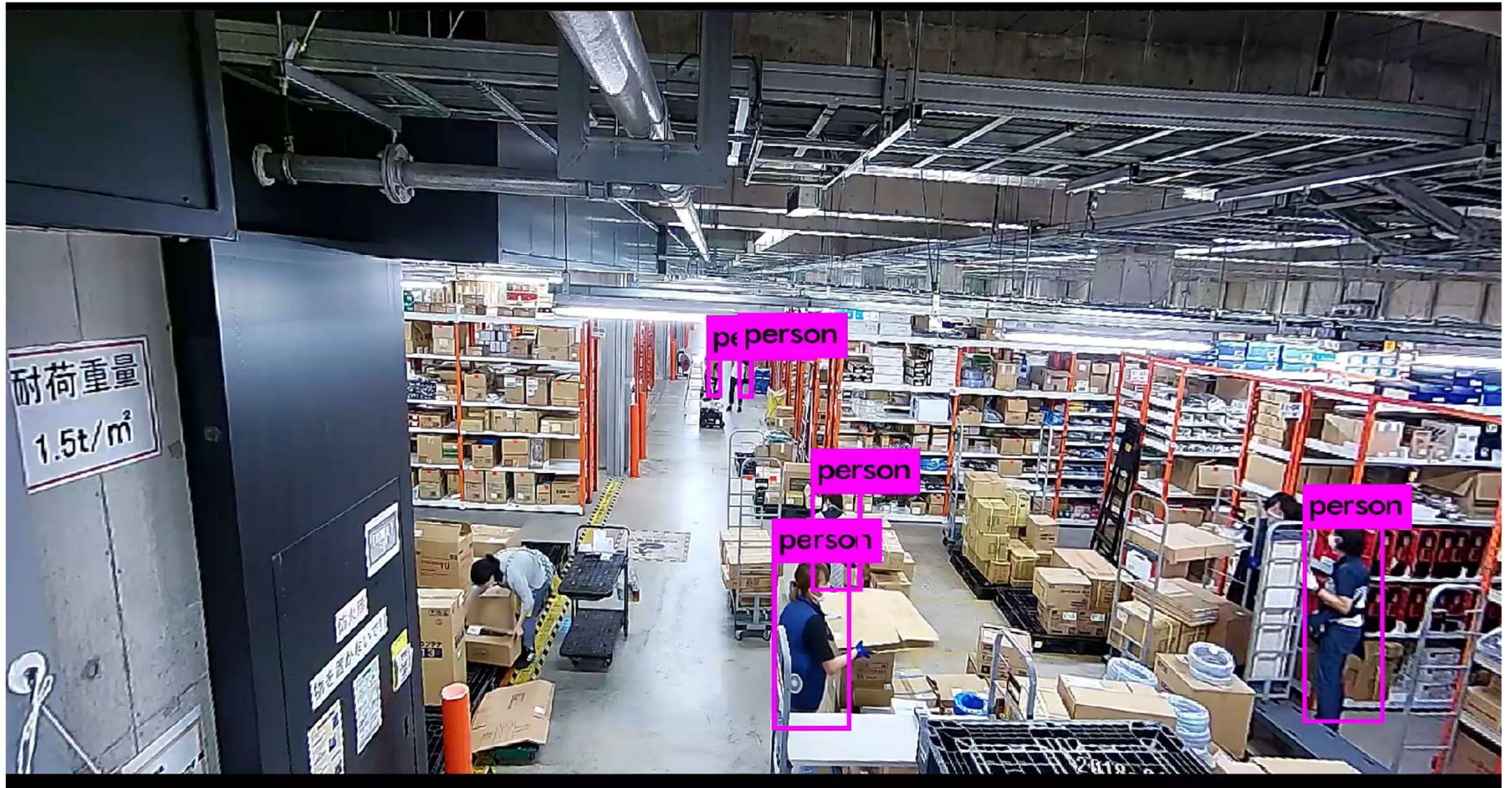


# 画像処理による作業者の認識



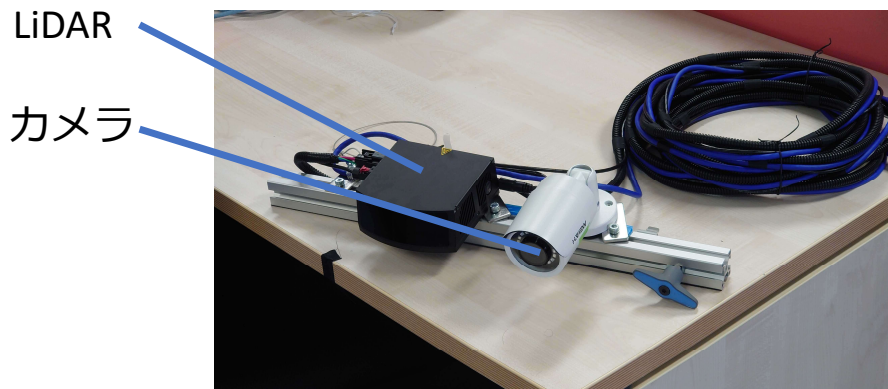


# 画像処理による作業者の認識

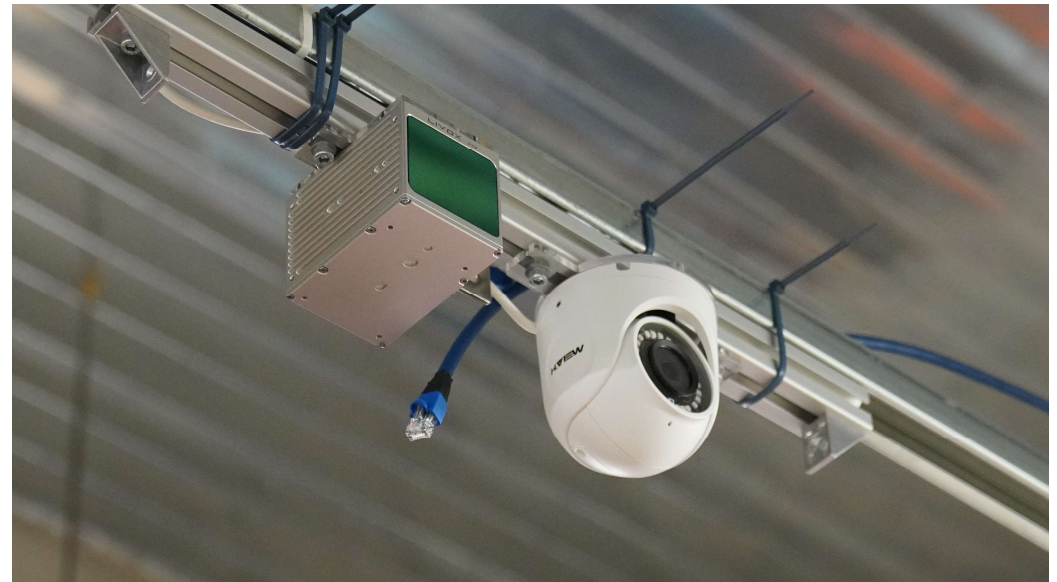




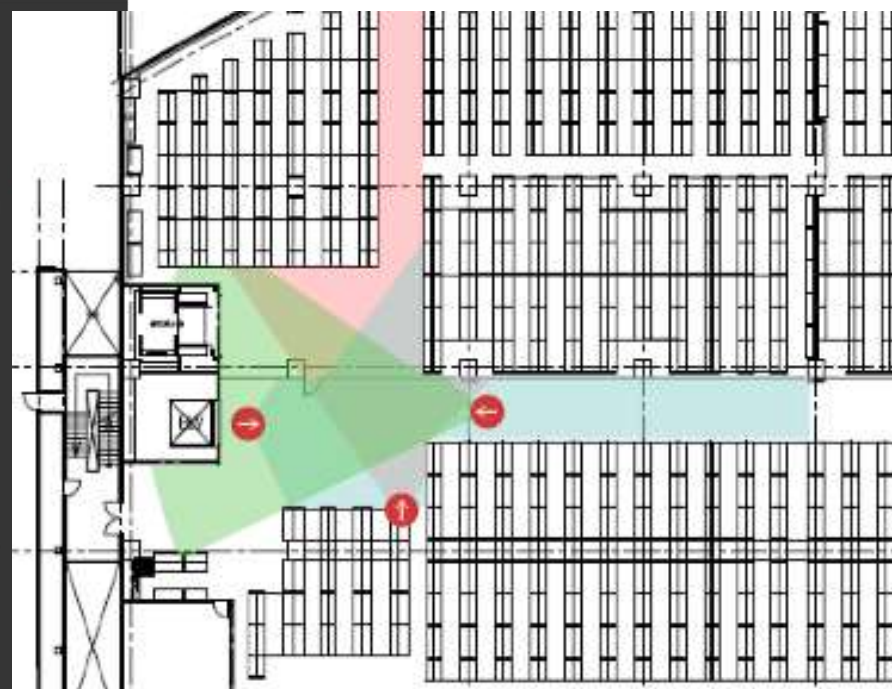
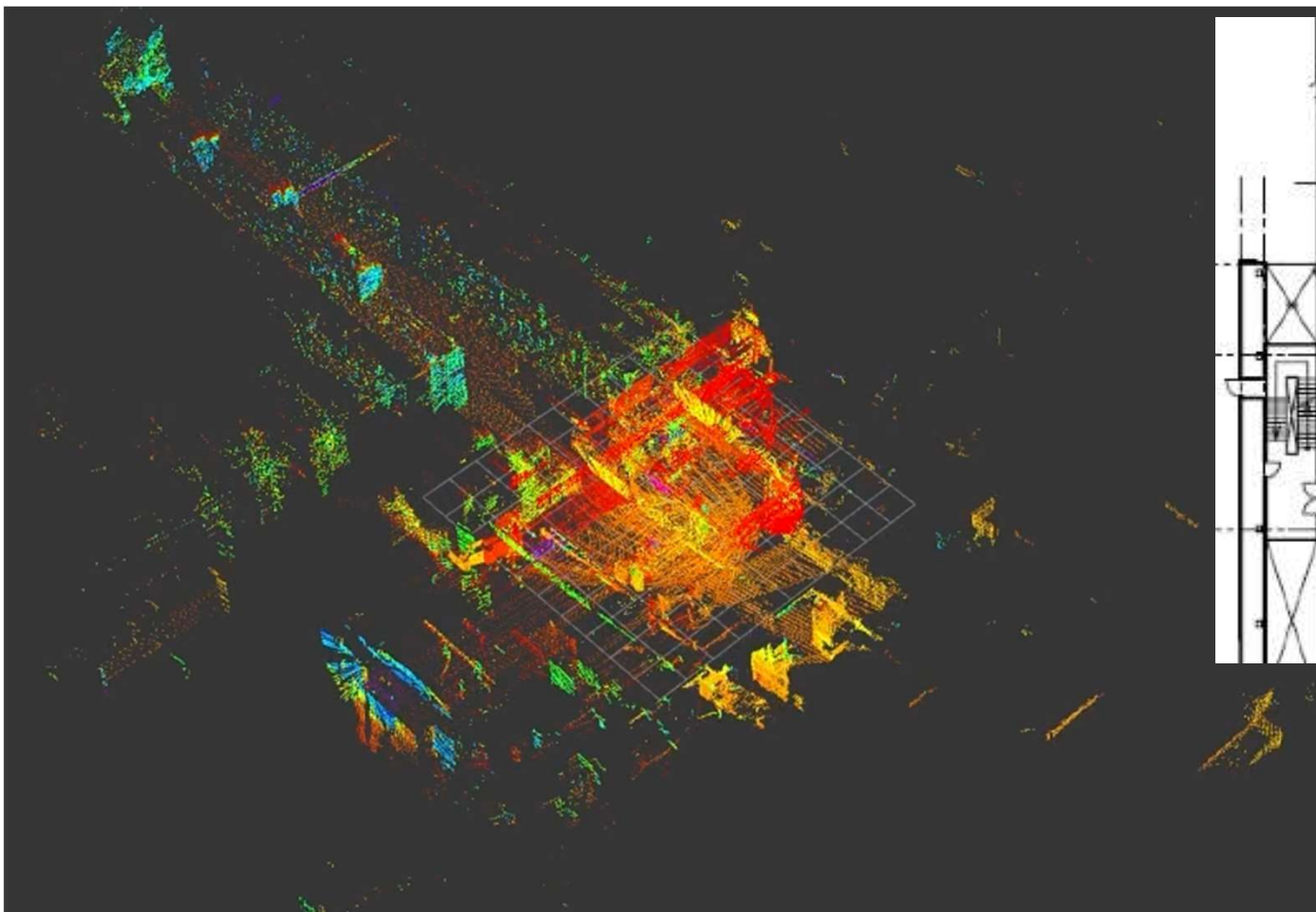
# 異種固定型センサーを追加（現状3台）



- 現在3台(カメラ x3 LiDAR x3)を設置
- 色のついた3次元情報をリアルタイムで取得可能
- 異なるLiDARを利用
  - RS-LiDAR-M1 : 75万点/秒 FOV: 上下  $\pm 12.5$ 度
  - Livox Avia : 24万点/秒、FOV: 70.4度、450m
  - Livox Mid40 : 10万点/秒, FOV 38.4度、260m



# 3つのLiDARデータの統合





# まとめ

- 物流倉庫での「**Harmoware**」活用サービス実証実験を通じて、人間機械協奏技術における研究成果の実証・及び**展開可能性**を確認
- 物流倉庫での実験
  - 人・自律移動ロボットの協奏実験を実施
  - 多数の知見が得られた
    - 実証データに基づくのシミュレーションも可能に
  - **課題**も多数：頑健性、安定性（再現性）
- 企業現場での「**オンサイト共創モデル**」
  - 現場のデジタル化・見える化・モデル化を通じて「デジタルツイン」の構築 → 多様なセンサを設置・テスト中