

# 第10回会津大学ロボットシンポジウム 研究成果報告

## 「広域な環境地図の生成方法に関する研究」

株式会社日本アドシス  
Japan Advanced System CO. LTD.

# 1. Stage-IV 目的及び概要

1

## 目的及び概要

これまで、一般的な屋内施設（LICTiA）をモデルに、自律型移動ロボット、及び経路計画を担う上位系システムにおいて、ナビゲーションに伴う研究開発に取り組んできた。



効率的なナビゲーションを行う上では、**環境情報の地図への適用方法**が重要な要素となるが、市場への参入に向けては、**広域な空間での環境地図の生成方法**が重要な要素となる。その為、本 Stage では、**広域な空間での地図の生成方法に着目し**、2024年度は、実用化を見据えた要素技術の確立を目指す。



# 1.1 市場調査（K社：小規模物流倉庫）

小規模物流倉庫



## ■ 事業概要

梱包事業＋物流事業

物流拠点（国内：5 拠点、国外：5 拠点）



盛岡物流センター（プロロジスパーク盛岡）  
約1500坪、2024年11月運用開始

## ■ 特徴

- ・敷地：約500坪
- ・荷姿外寸：パレット（W:1100 × D:1100 × H:114）
- ・積載量：約700kg～1t
- ・輸送方法：フォークリフト、ハンドリフト
- ・ロボット：未導入

## ■ 運用方法

- ・長期在庫は持たず、倉庫内の回転が速い（入荷商品は2日以内に出荷）
- ・常に、倉庫内ではフォークリフトによりパレット搬送
- ・取り扱う商品が電子機器の為、搬送するパレットの重量が大きい
- ・安全性の高い運搬が求められる為、柔軟に人が対応
- ・省スペースの為、入荷時には倉庫内が煩雑化
- ・搬入出来ない荷物は、一旦倉庫前に降ろし検品作業を行う（左下の写真）
- ・屋内だけでなく、屋外から屋内への運搬

## ■ ロボット導入に伴う課題感

- ・導入コスト（費用対効果）
- ・導入の容易性
- ・日々の運用の中での環境の変化に対応可能な柔軟性
- ・省スペースでの重量物の安全な運搬方法

## 1.2 市場調査（K社：プロロジスパーク盛岡）



### ■ 事業概要

梱包事業＋物流事業

物流拠点（国内：5 拠点、国外：5 拠点）

### ■ 特徴

- ・管理在庫：医療機器メーカーの部品（大小様々）
- ・敷地：約1500坪（占有区画）
- ・荷姿外寸：パレット（W:1100 × D:1100 × H:114）
- ・輸送方法：フォークリフト、ハンドリフト
- ・ロボット：未導入

### ■ 運用方法

- ・部品点数：6,000 ～ 7,000点
- ・倉庫内パレット数：約1,000枚（立上げ中の為、増加予定）
- ・パレット稼働率：約30 ～ 40 パレット／日
- ・保管エリア：動品・不動品にエリア分け
- ・運搬頻度：4 t 車 1 台で 4 往復（工場⇔倉庫）
- ・運用ルールはあるが、人の判断が介入すると人的ミスが生じる

### ■ その他

- ・既に、海外拠点では、自動機を導入し、小人化を図っている
- ・工場側では、AGV等での搬送を導入済み
- ・倉庫側としても、将来的にロボット／AGV等の導入を検討

## 1.3 市場調査から捉えた課題

### 本研究のスコープ

福島県内に多く見られる、中小規模のモノづくり企業（例：小規模物流倉庫）

### 小規模物流倉庫（x.2）から捉える課題

#### 1. 中小規模とは言え、対象となる空間が**広大**であること

- ①一般的な施設を対象とした**地図の生成方法**では時間を要する
- ②地図としての**情報量が増加**傾向にある
- ③広大な空間の**環境の変化**を捉える必要がある

#### 2. 常に**人やモノが往来**する環境であること

- ①**障害物（人やモノ）**を適切に検出する必要がある
- ②**障害物を迂回**する手段が必要となる（自律的な障害物回避）
- ③**安全で効率的な経路計画・ナビゲーション**が必要となる

本研究開発では、上記の課題解決に取り組む



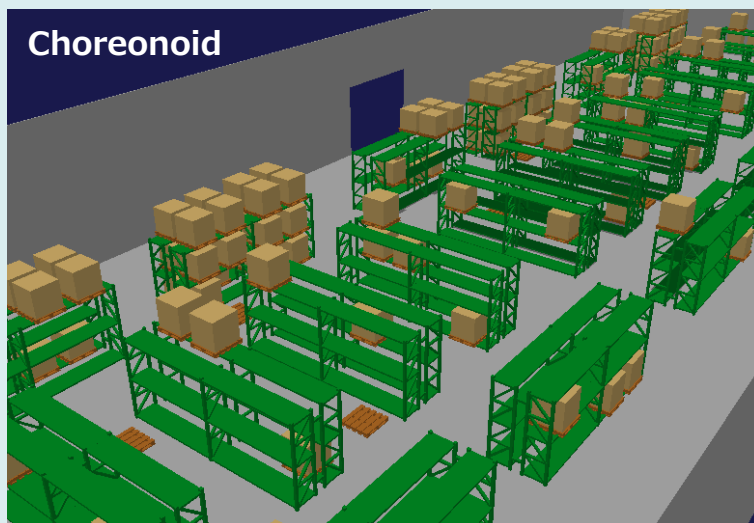
## 2. Stage-IV 実施計画

2024

### 要素技術の検討・検証

以下の3点に着目し実現性の検討、及び要素技術の確立を行う **(仮想空間)**

- ①広域な空間での地図の生成方法
- ②局所的な環境情報の検出、  
及び広域な地図への適用方法
- ③不確実性を考慮した経路計画手法

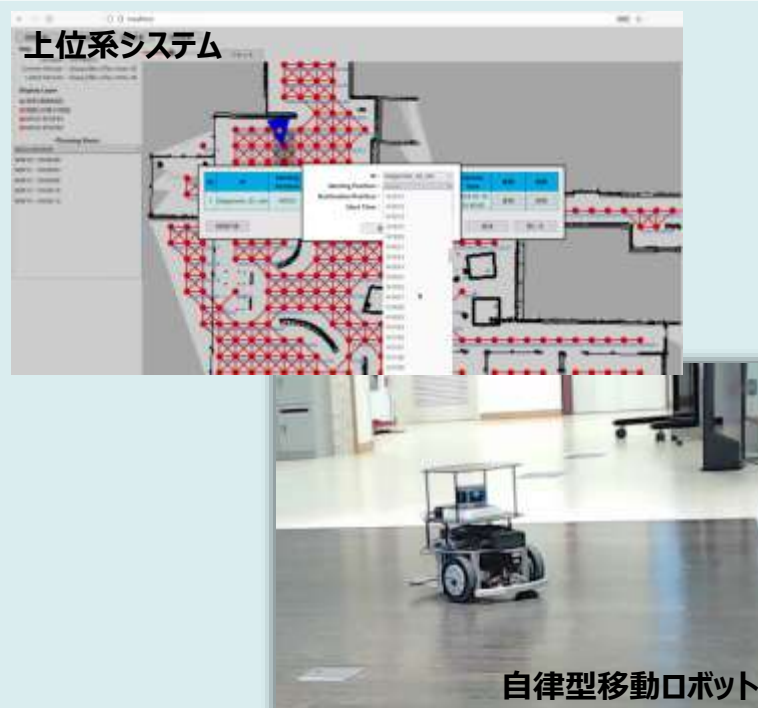


2025

### クラウドロボティクスシステムへの適用

確立した要素技術をシステムへ適用する **(現実空間)**

- ①自律型移動ロボット (2024-②)
- ②上位系システム (2024-①、②、③)
- ③経路計画・ナビゲーションに伴う検証



自律型移動ロボット

2026

### 実用化を見据えた実証実験

本ステージで構築したシステムにより、実用化を見据えた実証実験を行う

- ①経路計画・ナビゲーションに伴う実証
- ※実証場所については調整中



実証環境イメージ (例：物流倉庫)

### 3. 広域な空間での地図の生成

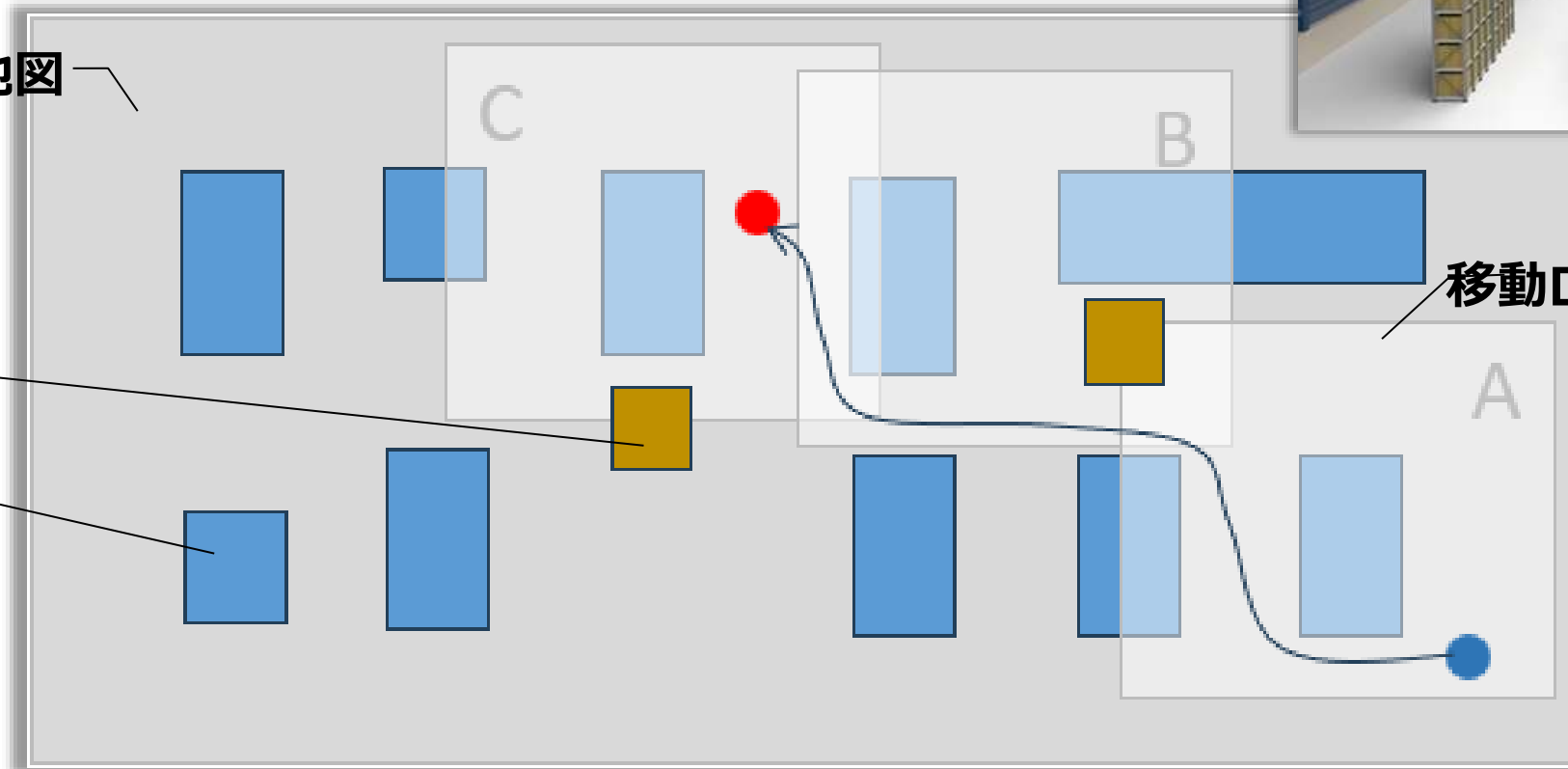
#### 研究開発概要

- ✓ 広域空間を模倣した**検証環境**を仮想空間上に構築
- ✓ 経路計画に必要となる**広域地図**の生成方法の検討
- ✓ 自律移動ロボットに必要となる**局所地図**の生成方法の検討
- ✓ 広域な空間での**地図の生成**に伴う実装、及び仮想空間上での評価

経路計画に用いる地図  
(広域地図)

障害物  
(パレット)

障害物  
(棚)

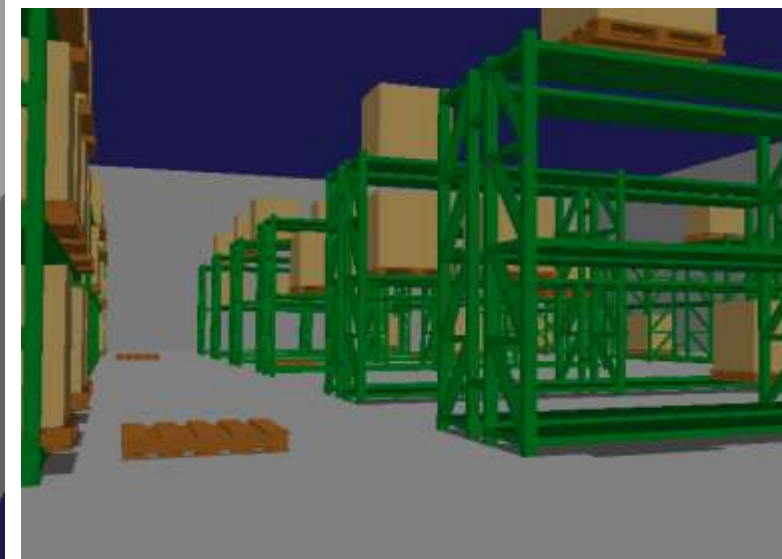
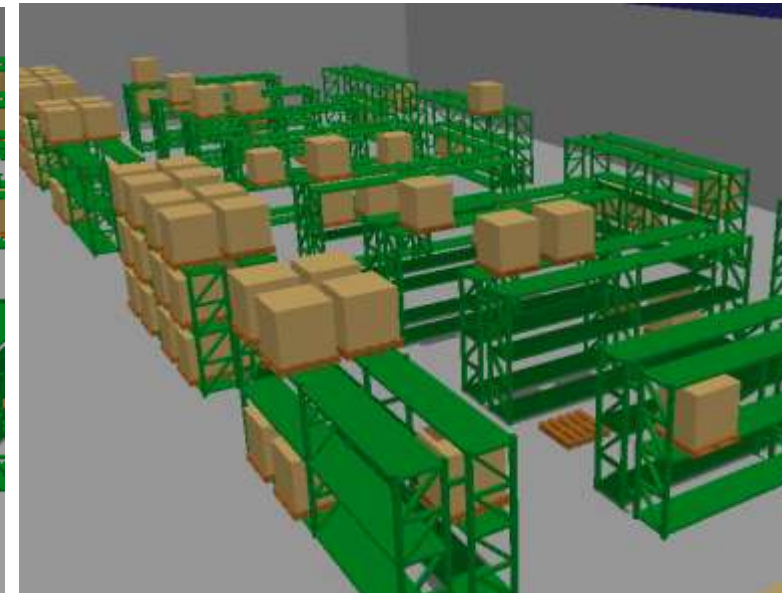
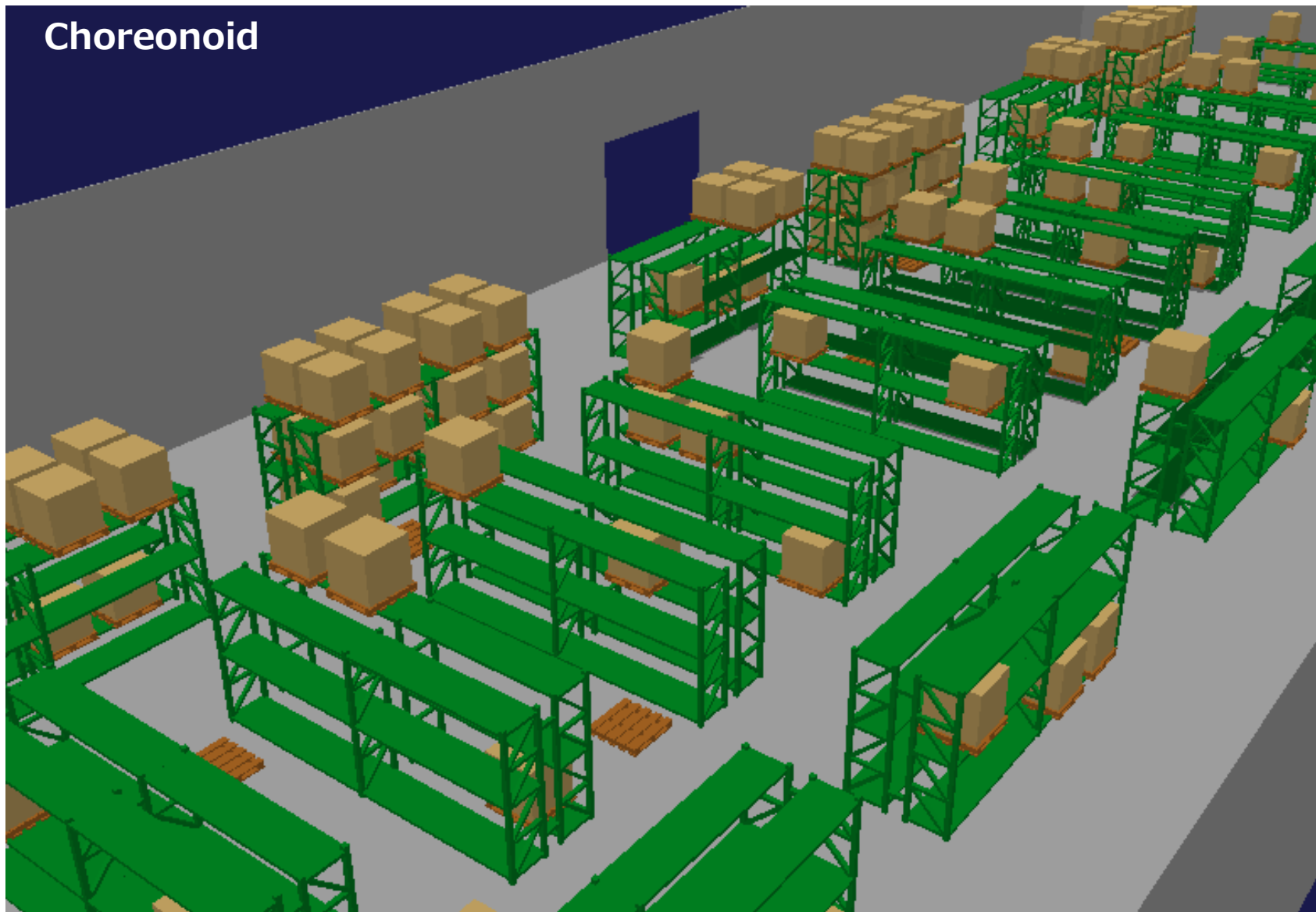


移動ロボットに用いる地図  
(局所地図)

### 3.1 物流倉庫を模倣した広域な検証環境

7

Choreonoid



## 3.2 広域な地図の生成方法

### 【目的】

簡易的な間取り図（設計図、手書き等）により、空間内の **2D点群データ** を生成し、**地図を生成する**

⇒間取り図から画像に直接落とし、地図を生成することも可能であるが、  
点群データとして抽出することで、**点群データとしての利活用することを想定**

### 【手法】

画像 1 枚から点群データ（PCD）が生成可能な**深度推定**を利用し、点群データを生成する

深度推定モデル：**MiDaS** (DPT\_Large)

### 【事前準備】

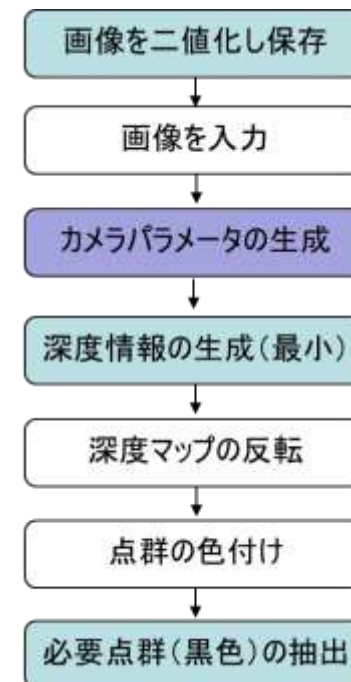
簡易的な間取り図は、以下の2つ手法により生成する

- ①手書き：白紙に**マジック**で任意の図形を描く
- ②設計図：**Excel** 上に図面を描く

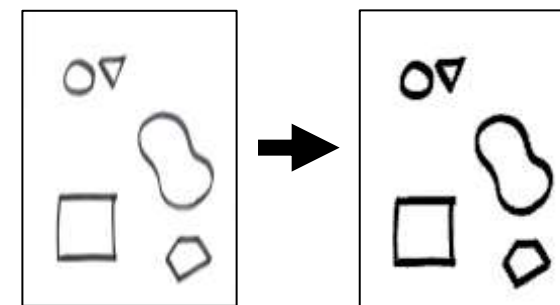
### 【結果】

深度推定は、3次元空間の深度マップ生成等で主に利用されているが、  
深度パラメータを調整することで、**2値画像から2次元（平面）化した点群データが得られる**ことが確認された。

### ※深度推定による点群抽出の流れ



### 【実験結果】



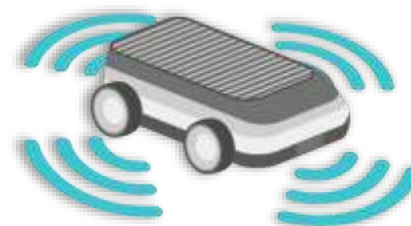
手書き図

点群データ

## 4. 局所的な環境情報の検出、及び広域な地図への適用

### 研究開発概要

- ✓ 局所的な環境情報の検出方法の検討
- ✓ 局所的な環境情報の検出に伴う実装・評価
- ✓ 広域な地図への局所的な環境情報の適用方法の検討
- ✓ 広域な地図への局所的な環境情報の適用に伴う実装・評価
- ✓ 広域な環境地図のシステムへの適用方法の検討



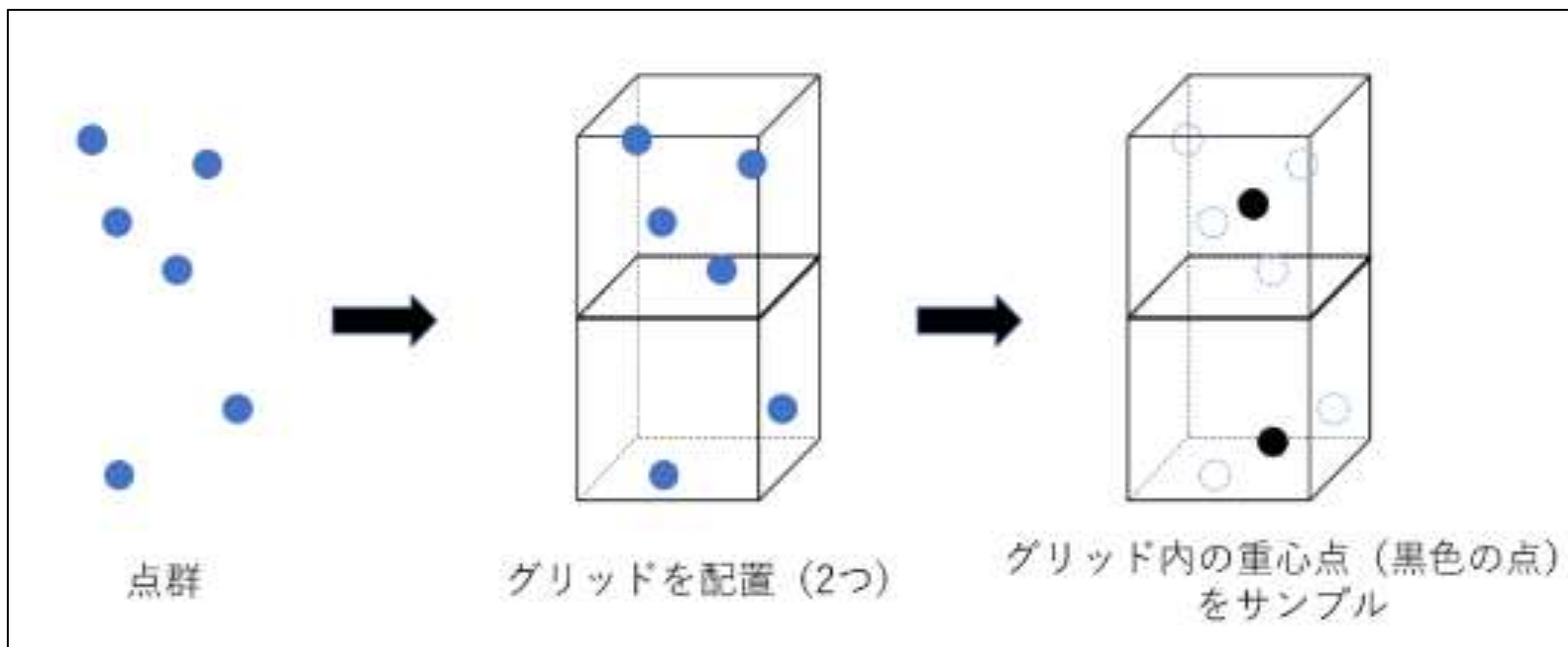
自律移動ロボットによる局所的な環境情報の検出  
(センシング技術の活用)

## 4.1 ボクセルグリッドフィルタによる前処理（ダウンサンプリング）



### ボクセルグリッドフィルタ

⇒点群をボクセルで区切り、そのボクセル内にある点群の平均となる点を求めることで、元の点群の情報を極力残しつつ、少ない点群にフィルタリングするダウンサンプリング手法の一つ



Voxelization  
(約1/30に削減)



- ・軽量の演算によって、点群が空間解像度の低いボクセルに変換されるため、点群を直接扱う手法よりも処理時間を短縮することが可能となる。
- ・点群による障害物検出、点群マッチング等の処理速度向上に期待

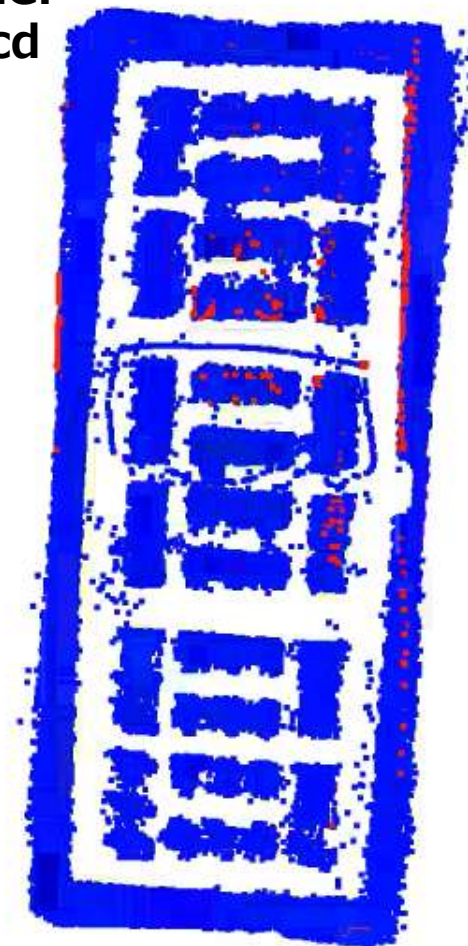
## 4.2 点群マッチングによる局所的な環境情報の適用

Voxel pcd と original pcd の比較

RANSAC + ICP  
voxel pcd

SLAM  
RANSAC + ICP  
voxel pcd

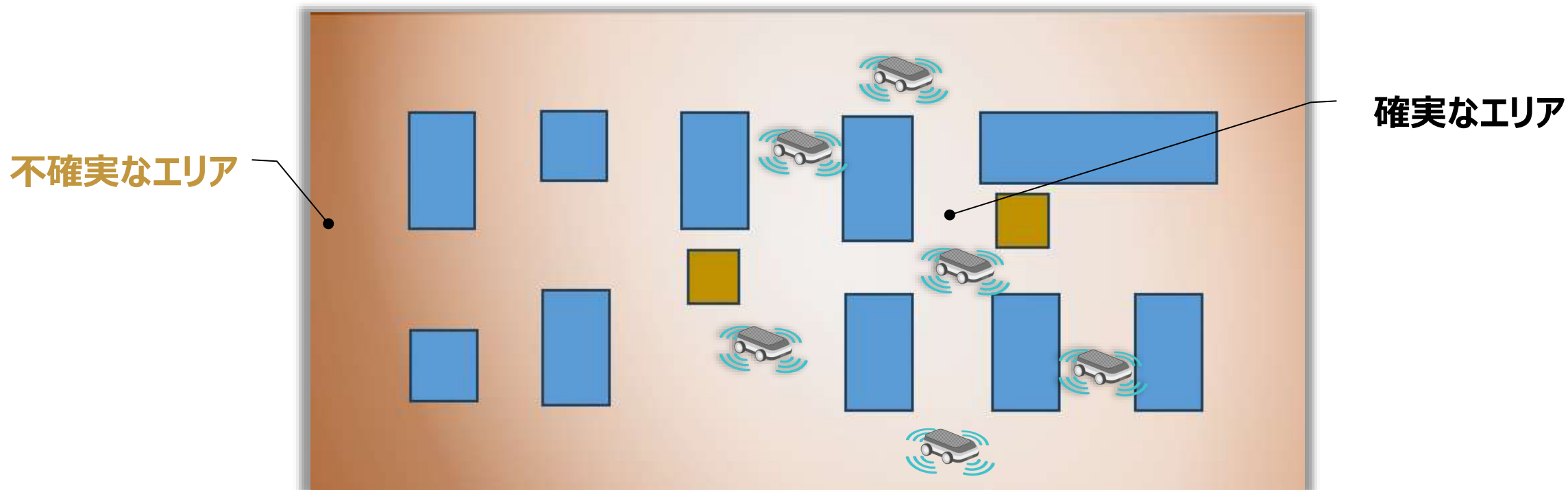
RANSAC + ICP  
original pcd



## 5. 不確実性を考慮した経路計画

### 研究開発概要

- ✓ 環境地図上の**不確実性の検出・管理方法**の検討
- ✓ 環境地図上の**不確実性を考慮した経路計画手法**の検討

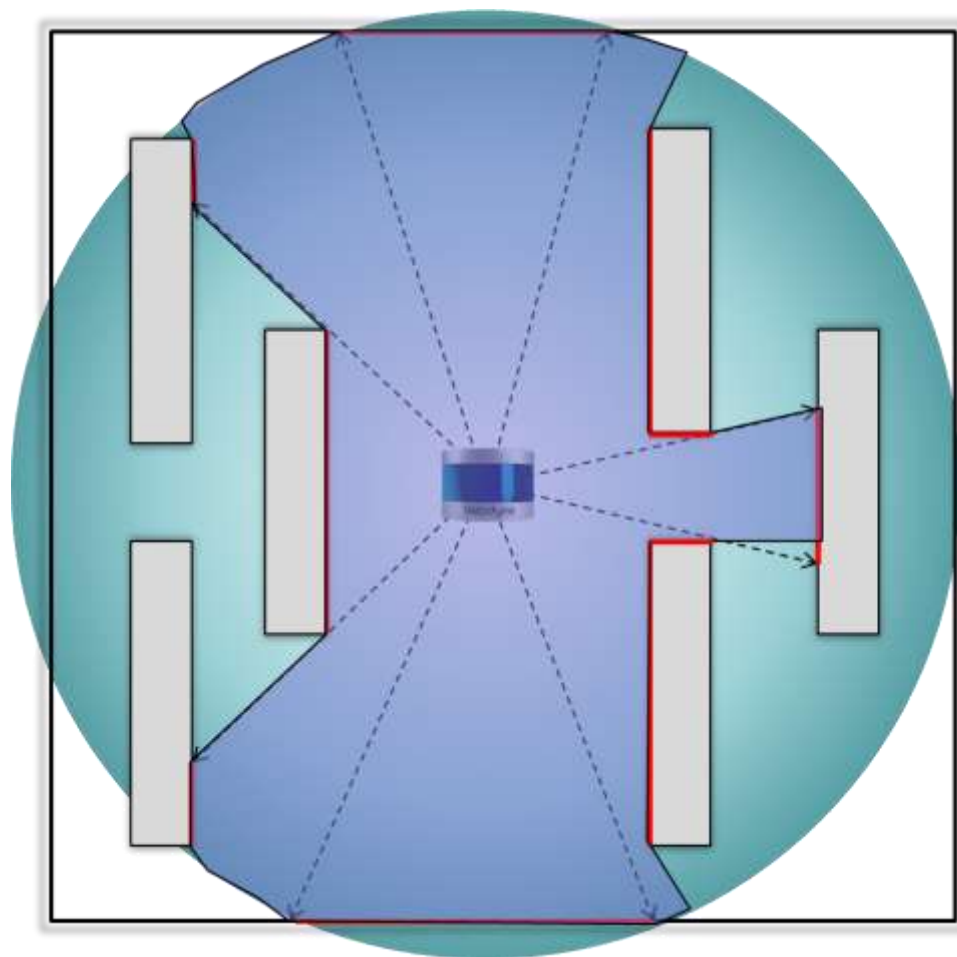


- ・時間と共に、空間内の環境は変化する（人、パレット、フォークリフト等）
- ・広域な空間で経路計画を行う上で、**不確実なエリアに対する経路は環境情報の信頼性が低い**
- ・不確実なエリアに対しては、移動ロボットを定期的に走行させる等して、常に最新の環境情報を捉えることが出来る
- ・空間内の**不確実性を考慮した経路計画を行うことで、より信頼性が高い環境地図での経路計画が実現出来る**

## 5.1 不確実性エリアの検出手法

不確実性エリア：

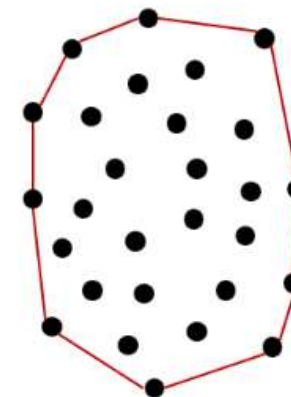
ロボットが走行中に捉えることが出来ない範囲を示し、  
時間軸とも共に環境情報の信憑性が失われるエリア



### ■ 点群データによる多角形抽出方法

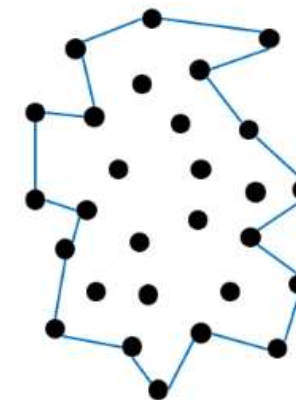
#### ① Convex hull (凸包)

与えられた点を全て包含する最小の凸多角形



#### ② Concave hull (凹包)

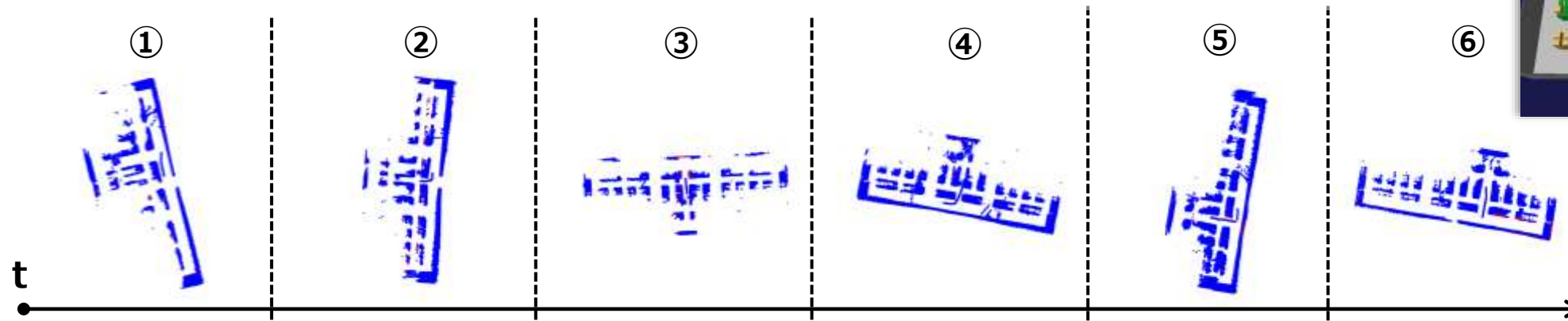
凸多角形であるConvex hull に対して、凹みも許容した多角形



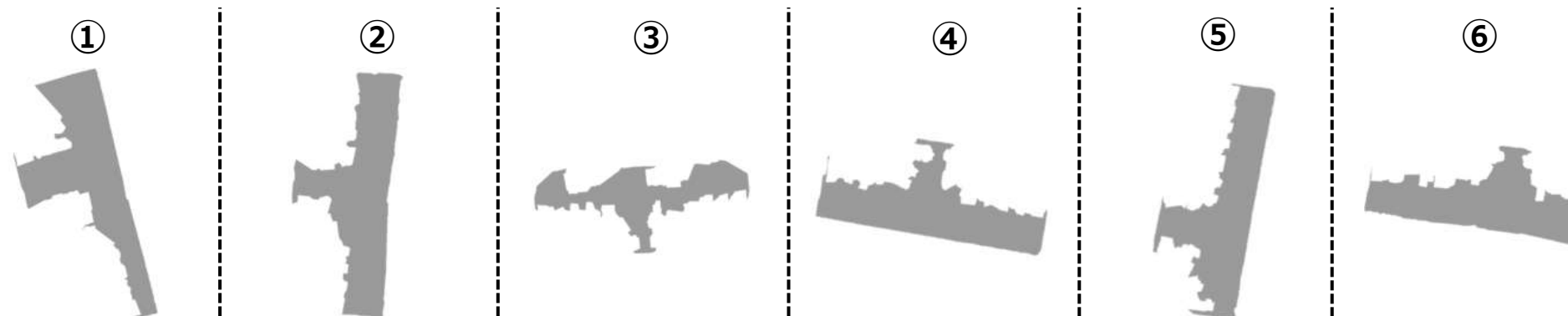
## 5.2 Concave hull（凹包） による不確実性エリアの検出

### ■ 不確実性エリア検出の流れ

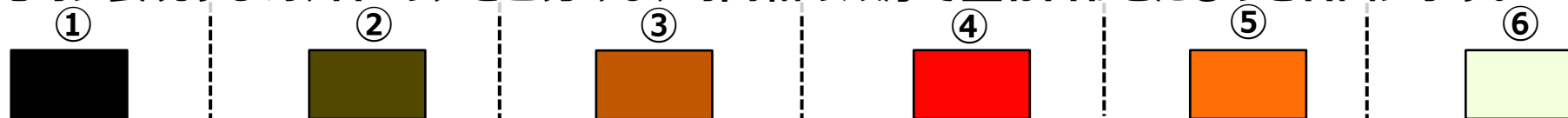
1. 一定の時間幅（例：7秒）で点群をマッチングし、時間幅毎の点群を生成する



2. 各点群データを凹包アルゴリズムにより多角形化し、時間幅毎のエリアを抽出する

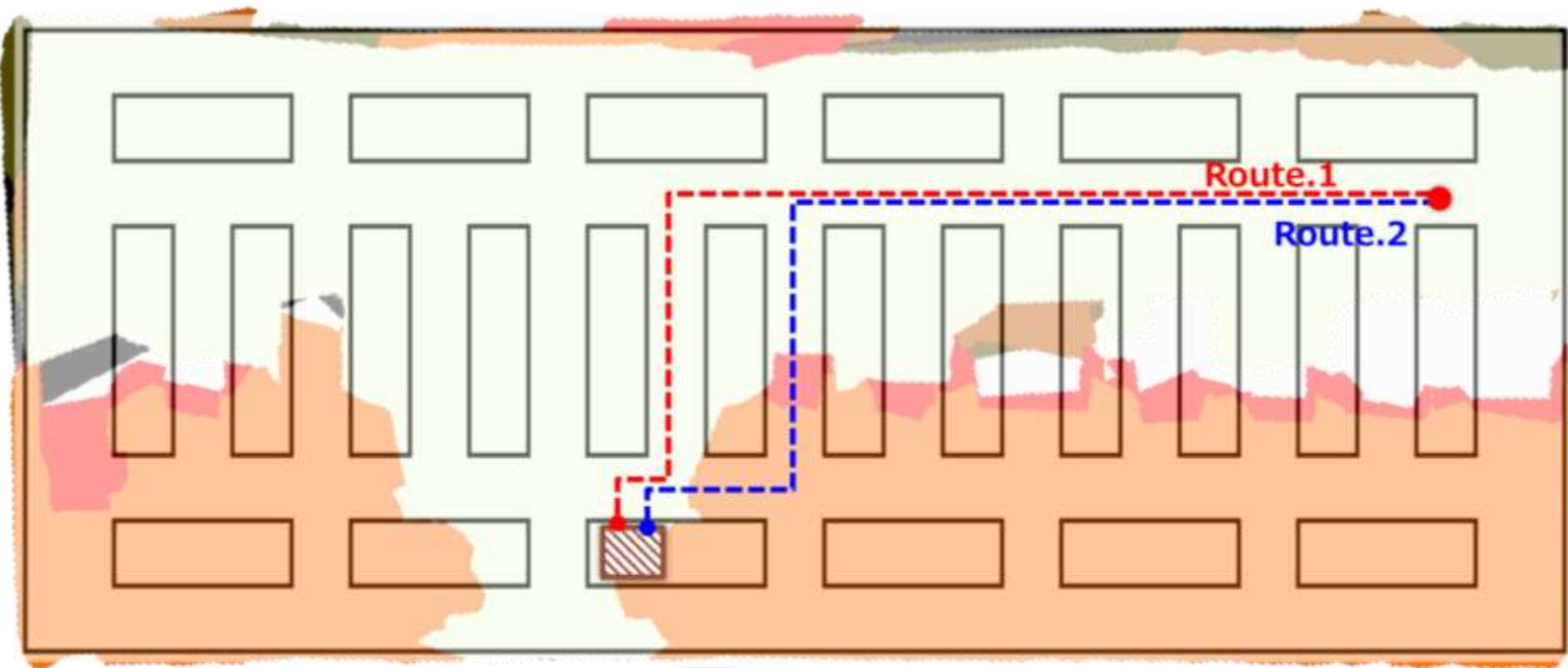


※視覚的に表現する為、各エリアを色分けし、時間軸の順序で重ね合わせたものを右図に示す。



## 5.3 不確実性を考慮した経路計画

前述の不確実性エリアマップを、空間内の地図に重ね合わせた図が以下となる。



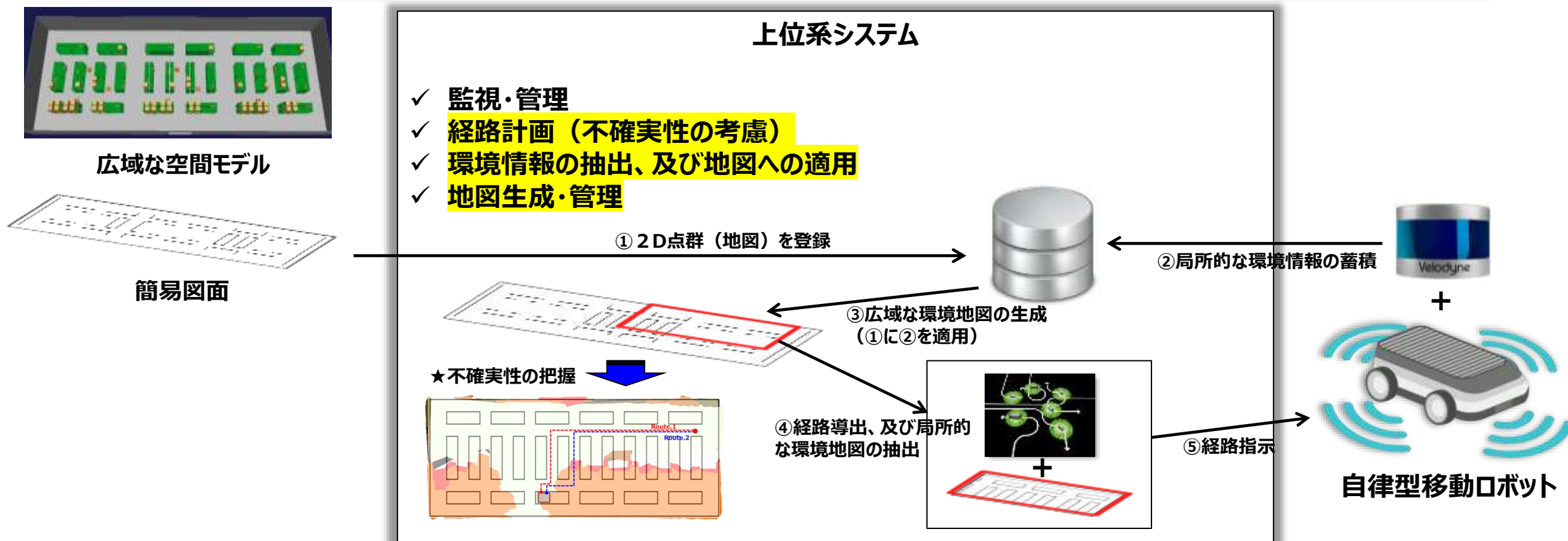
Route1, 2 は、搬送ロボット（●）が、パレット（▨）までの走行経路を示しており、2つの経路は、同じ距離であることが分かる。

一方で、Route.2 は走行経路上に不確実性エリアを通過する区間があり、このエリア内の走行距離を不確実性コストとして適用することで、経路導出時の調整値として利用することが出来る。不確実性の高いエリアを選択することで、環境地図の確実性を高めることが出来る。

## 6. 今後の研究概要

### 実施概要

- ✓ 局所的な環境情報による**広域な環境地図の生成手法**をシステムに適用・評価
- ✓ **不確実性を考慮した経路計画手法**をシステムに適用・評価
- ✓ 経路指示に伴う**局所的な環境地図の連携手法**の実装・評価





株式会社日本アドシス  
Japan Advanced Stytem CO. LTD.

ご清聴ありがとうございました。