

# LiDARセンサを活用した物体の 配置認識による位置検知手法の検討

望月駿登

交通システム研究部

# 講演内容

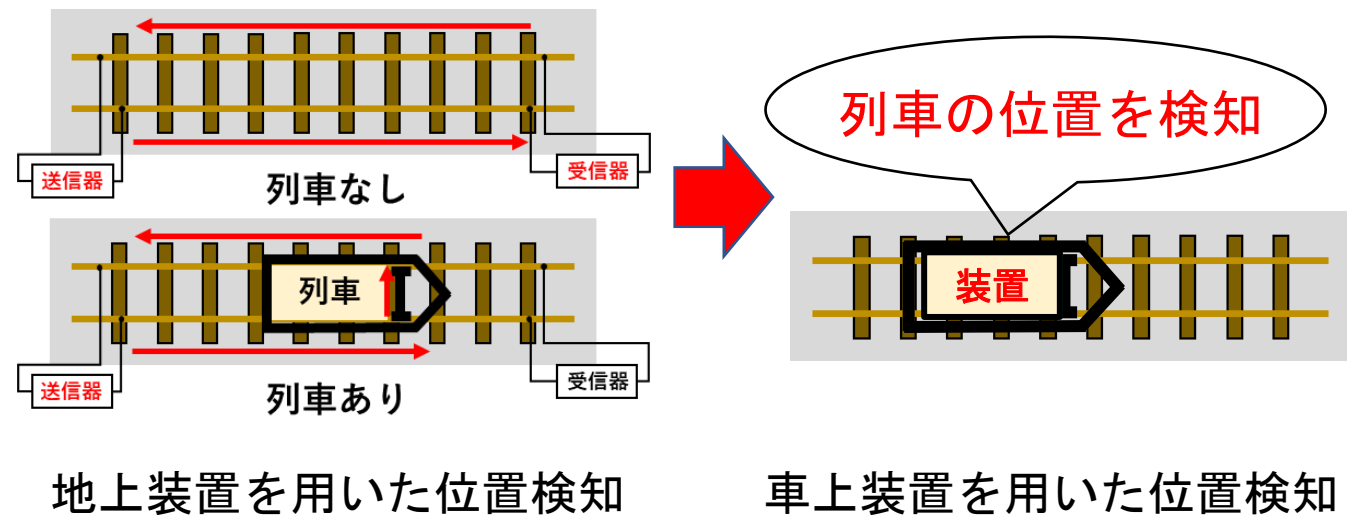
- 1．研究背景
- 2．位置検知手法
- 3．昨年度までの成果と本研究の目的
- 4．LiDAR検知座標の分類
- 5．配置パターンの認識
- 6．実車を用いた試験
- 7．まとめ・今後の課題

# 1. 研究背景

- 鉄道における列車制御システムは、軌道回路等の地上装置を用いて列車の位置検知を実施
- 地上装置の保守や点検を行う際には、現地に作業員を派遣することが必要
- 少子高齢化に伴い作業員の確保が困難  
→地上装置を簡略化することにより、装置の保守や点検にかかる時間を削減することが可能



センサを用いて車上で位置検知を行う方法に着目

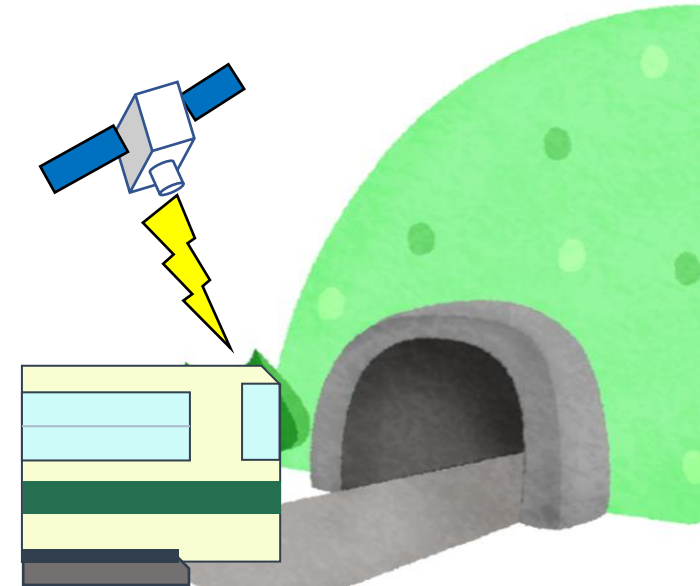
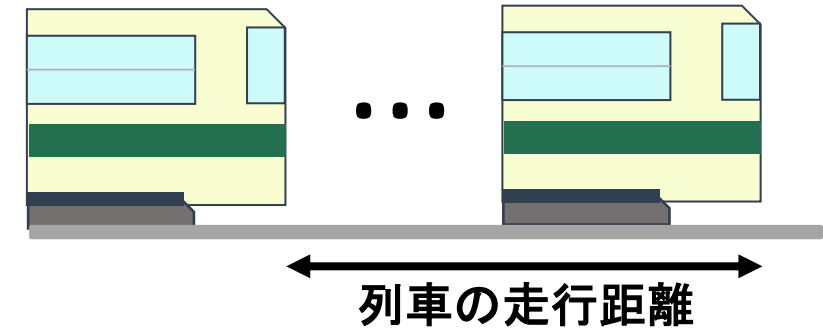


# 1. 研究背景

## 車上での位置検知

- 列車の速度を積算することによる走行距離を用いた位置検知  
→速度に誤差を含む場合は走行距離が長くなると位置誤差が増加
- GNSS(Global Navigation Satellite System)を活用した衛星測位システムを用いた位置検知  
→高層ビル等が密集している場所では衛星からの電波が建物に反射するため、位置誤差が増加  
→トンネル等では衛星からの電波を受信できないため、位置検知が不可能

## 車上で位置検知を行う新たな手法について検討

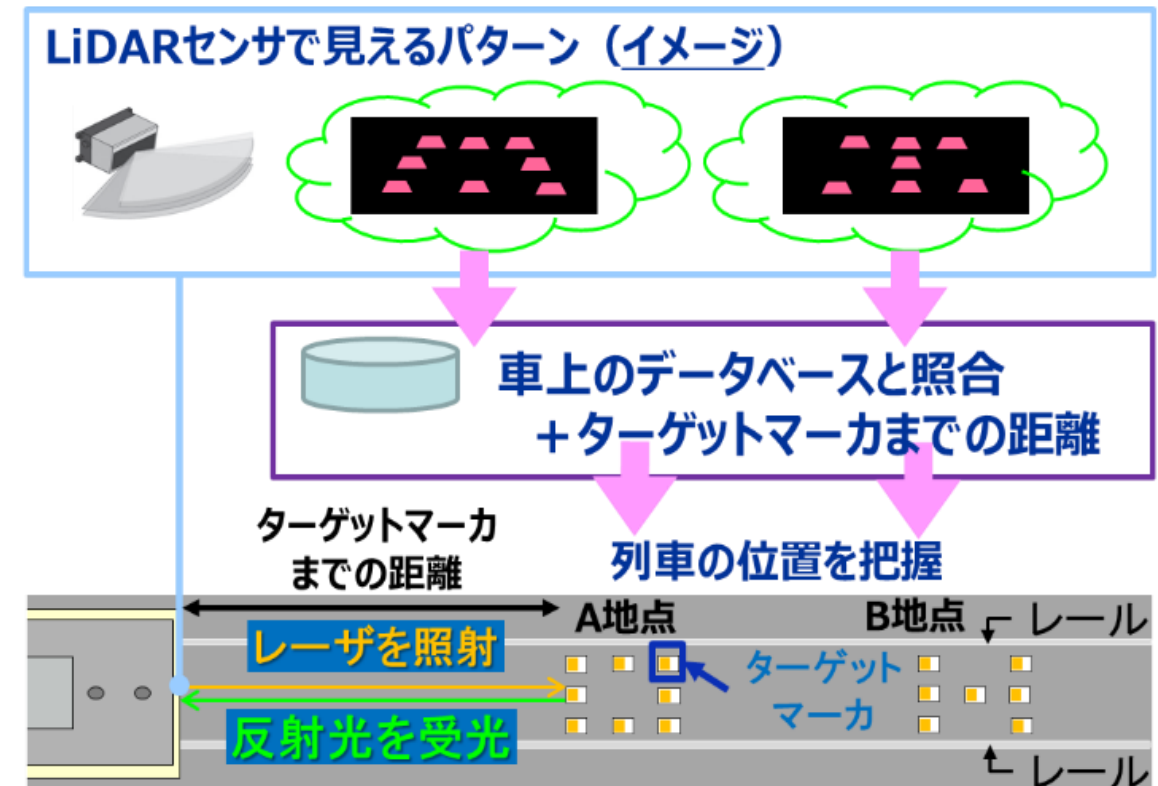


## 2. 位置検知手法（概要）

- 配置パターン\*<sup>1</sup>に基づき、軌道内にターゲットマーカ\*<sup>2</sup>を設置
- LiDARセンサを用いて配置パターンを認識
- 認識した配置パターンを車上のデータベースと照合
- ターゲットマーカまでの距離を考慮して列車の位置を把握

\*<sup>1</sup> 配置パターン：  
緯度・経度等の位置情報を紐づけた配置

\*<sup>2</sup> ターゲットマーカ：  
光が入射した際に光源に向かって反射する機能を有するもの



## 2. 位置検知手法に用いるセンサ

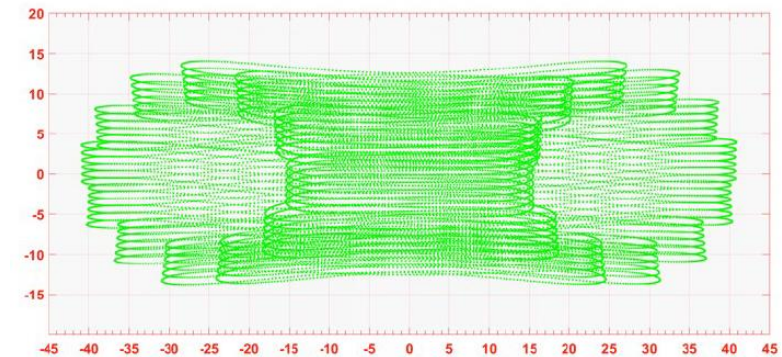
本手法に使用するセンサとして、

- 日光等の外乱の影響を受けにくいセンサ
- 軌道内に設置した複数のターゲットマーカを検知可能な波長の短いセンサ

⇒LiDARセンサを採用

- LiDARセンサは本体からレーザを照射し、物体からの反射光を受光
- 本研究で使⽤したLiDARセンサは検知した物体のLiDARセンサを原点とする3次元の座標等を出力
- 本研究で使⽤したLiDARセンサが検知範囲全体にレーザを走査するにはある程度の時間が必要(以下、この時間を残存時間)

→残存時間までのLiDARセンサの出力を使用

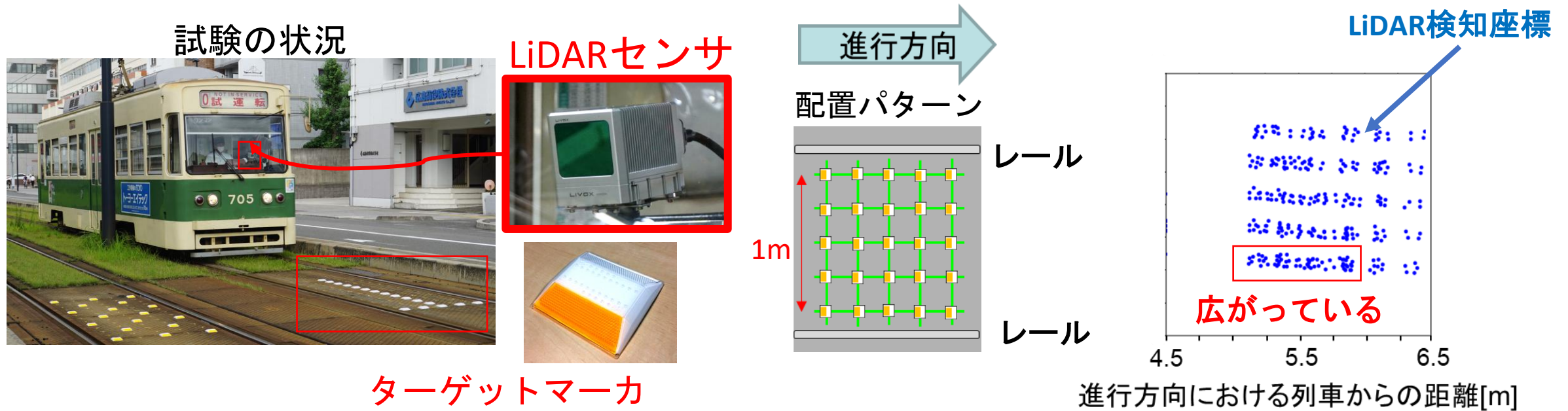


レーザの走査(0.1s)

Livox Horizon user manual v1.2より引用

### 3. 昨年度までの成果

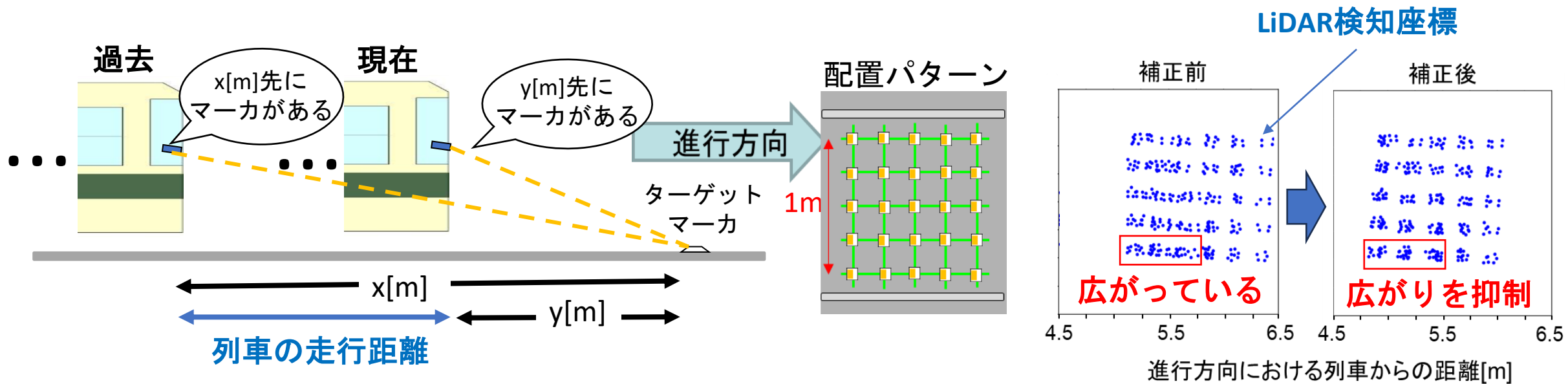
- LiDARセンサが検知したターゲットマーカの位置の座標(以下、LiDAR検知座標)を用いて配置パターンの認識が可能かについて検討
- LiDAR検知座標が進行方向に広がり、配置パターンの認識が困難





### 3. 昨年度までの成果

- LiDAR検知座標が進行方向に広がる原因は、残存時間内に列車が走行すること
  - 同一のターゲットマーカを異なる地点で検知
  - 列車の走行距離を用いてLiDAR検知座標を補正することを提案
  - LiDAR検知座標が進行方向に広がることを抑制



望月ほか, “LiDARセンサを利用した列車の位置検知手法の検討”, 交通研フォーラム2023 講演概要集, pp.25-28



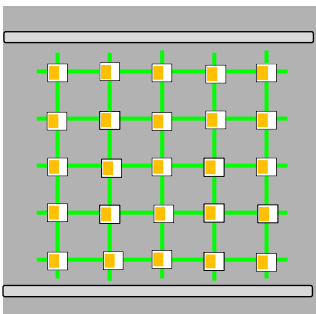
### 3. 本研究の目的

- 列車の走行距離を用いて  
LiDAR検知座標を補正する手法を検討

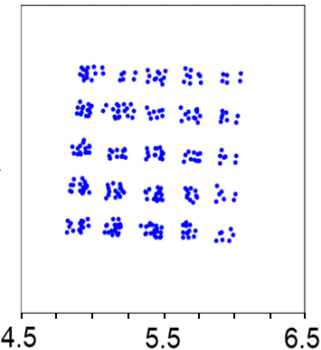
→ 本研究では、補正したLiDAR検知座標を  
もとに配置パターンを認識する方法  
(右図の赤枠)を検討

昨年度の検討範囲

地上の  
配置パターン

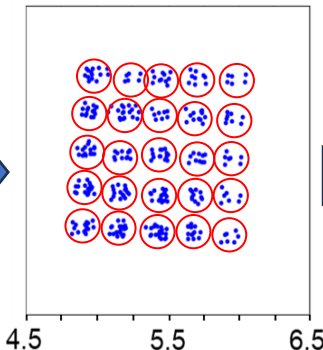


LiDAR検知座標  
の補正

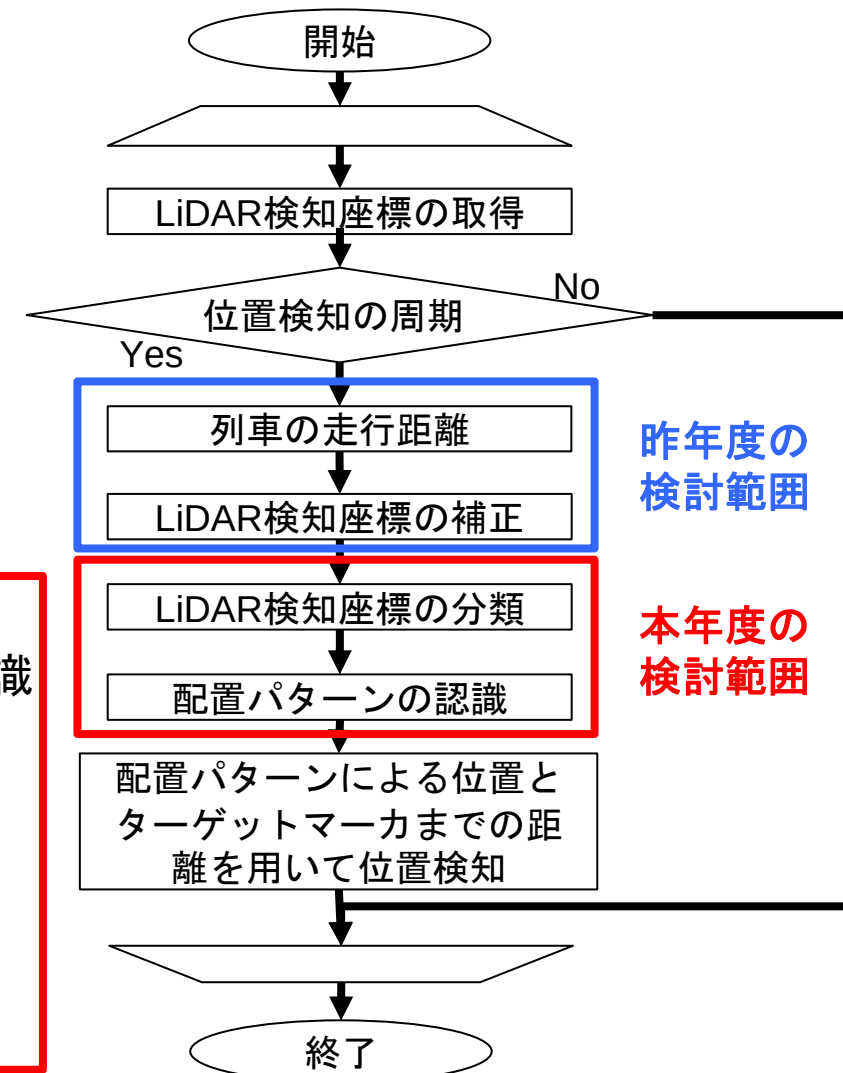
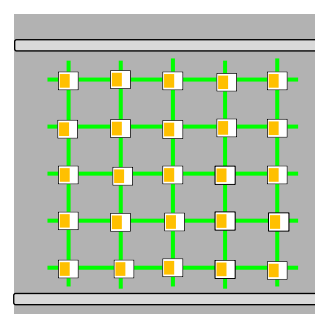


本年度の検討範囲

LiDAR検知座標  
の分類

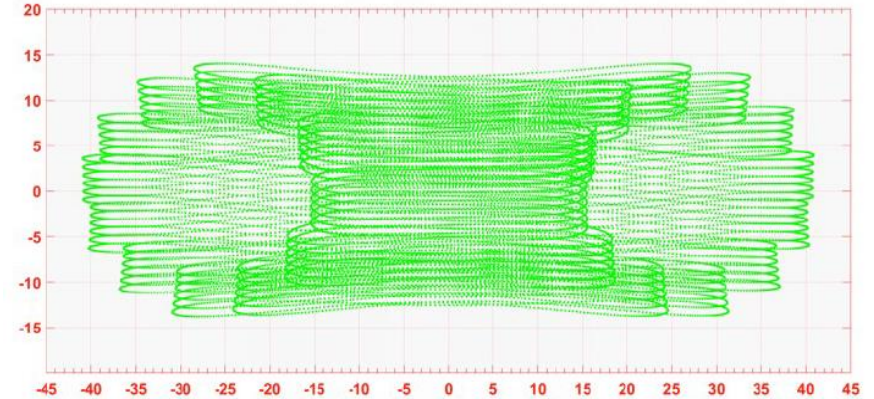


車上で  
配置パターンを認識



## 4. LiDAR検知座標の分類

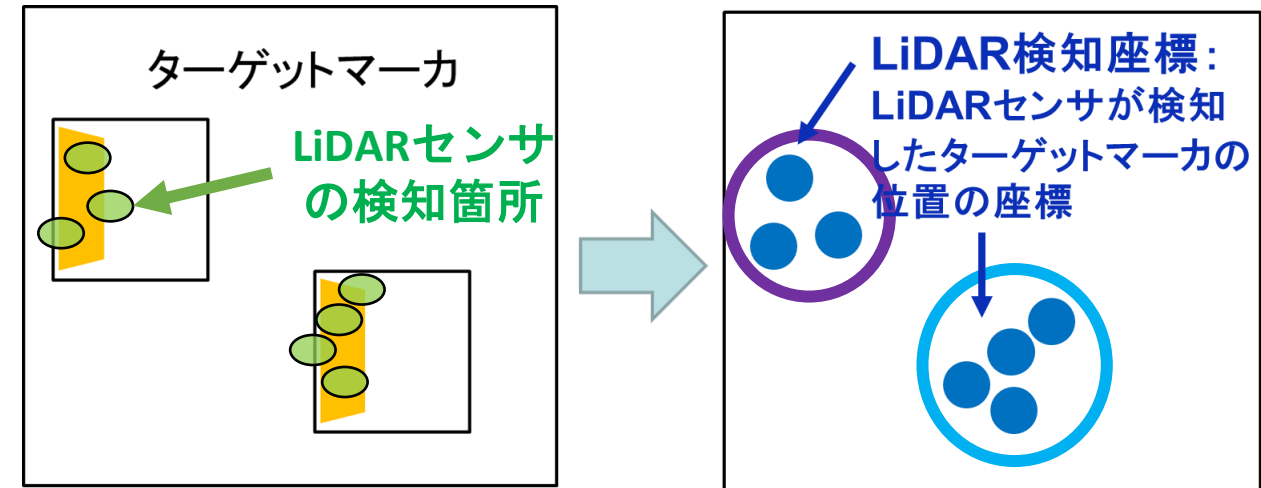
- 残存時間内において、LiDARセンサは複数のターゲットマーカを検知することに加え、一つのターゲットマーカを複数回検知



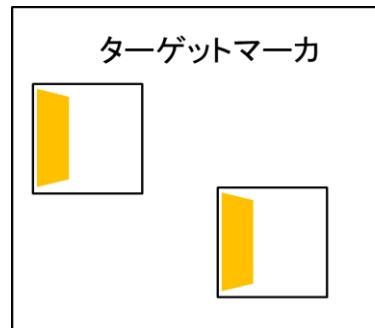
レーザの走査(0.1s)

→ LiDAR検知座標がどのターゲットマーカに該当するか不明

- ⇒ 1. 同一のターゲットマーカから取得したLiDAR検知座標ごとに分類  
2. 配置パターンを認識

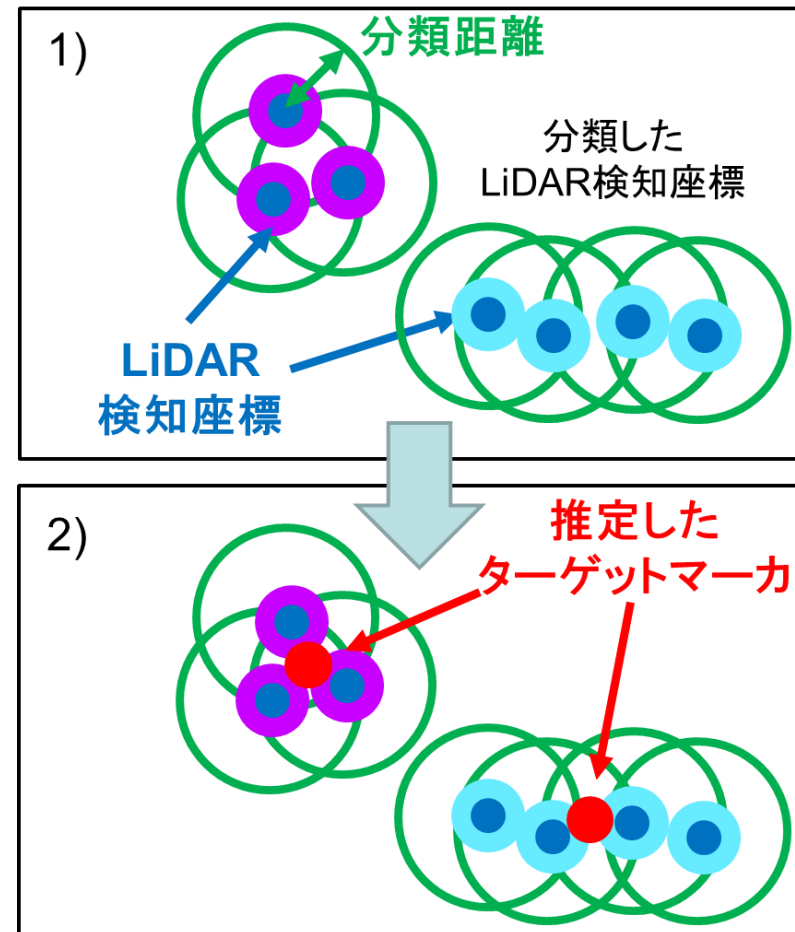


## 4. LiDAR検知座標の分類



LiDAR検知座標の分類として、

- 1) LiDAR検知座標のうち分類距離\*の範囲内にあるものを同一のターゲットマーカとして分類
- 2) 1)で分類したLiDAR検知座標の位置の平均をターゲットマーカの座標として推定



\*分類距離：

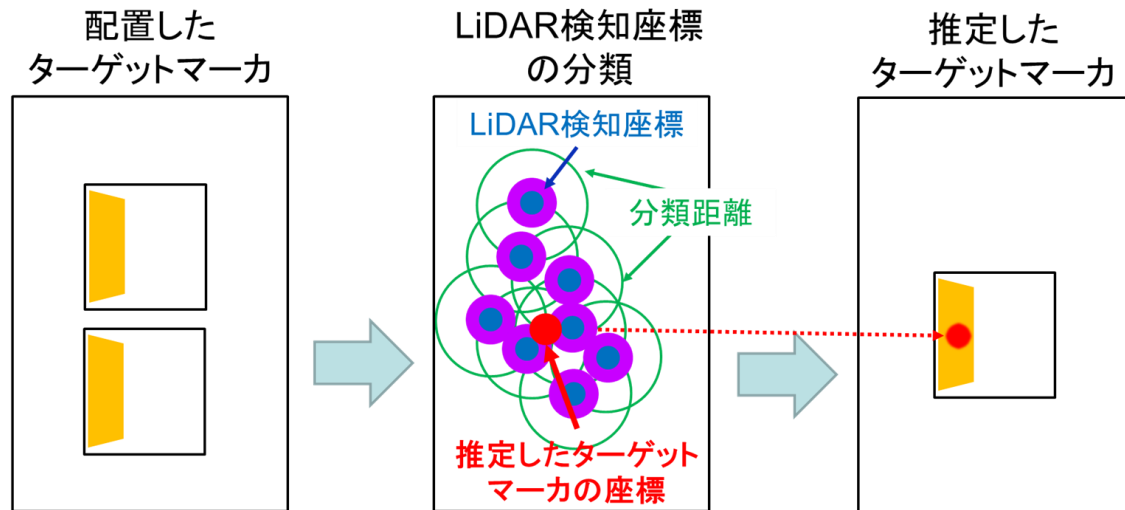
個々のターゲットマーカごとにLiDAR検知座標(右図の青色の点群)を分類する距離

## 4. LiDAR検知座標の分類

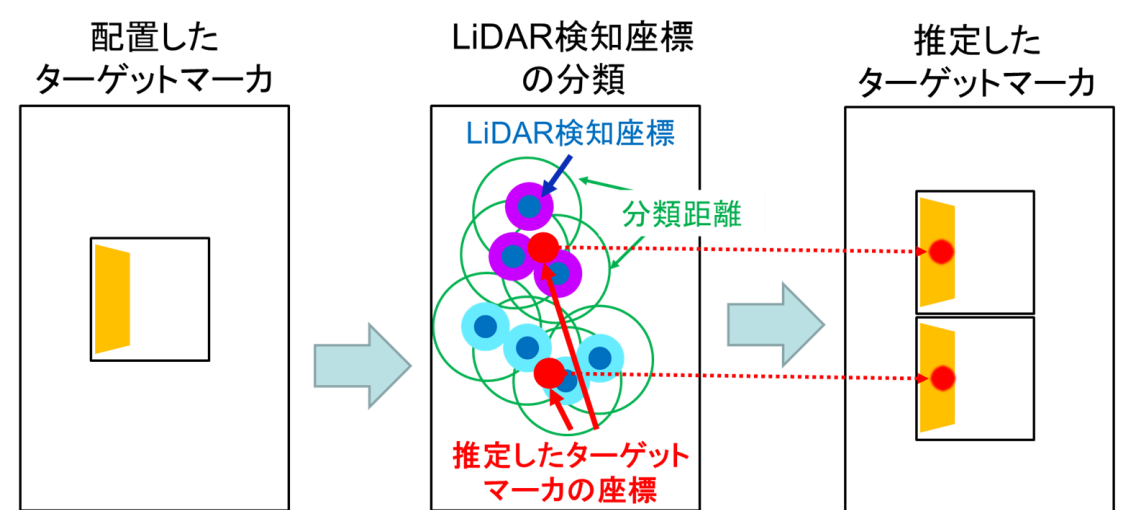
前述の手法を用いてLiDAR検知座標を分類した場合、以下に示すようにターゲットマーカを推定をする場合がある

- 複数のターゲットマーカを一つのターゲットマーカとして推定(1/2)
- 一つのターゲットマーカを複数のターゲットマーカとして推定(2/2)

推定の例(1/2)



推定の例(2/2)

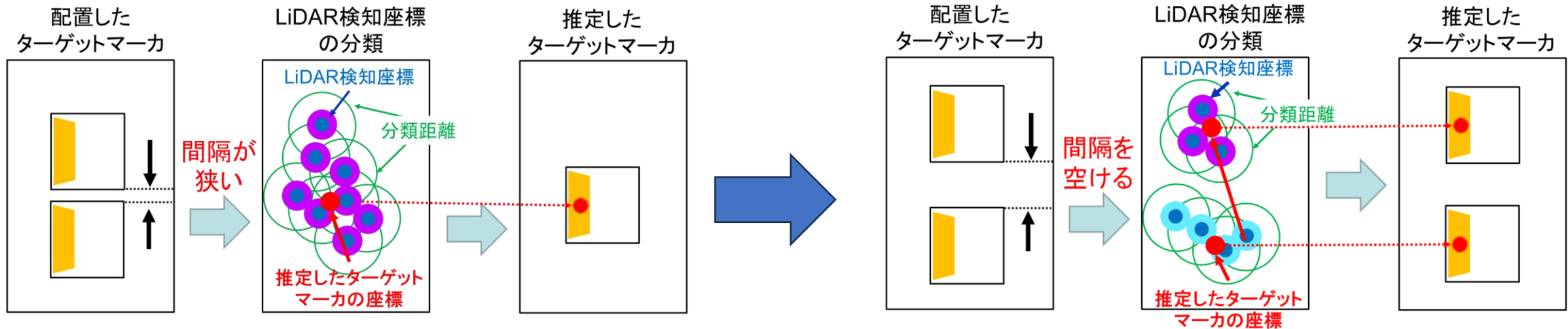


## 4. LiDAR検知座標の分類

- 複数のターゲットマーカを一つのターゲットマーカとして推定



- LiDARセンサの性能を考慮した分類距離に設定
- 複数のターゲットマーカを一つのターゲットマーカとして分類しない配置間隔

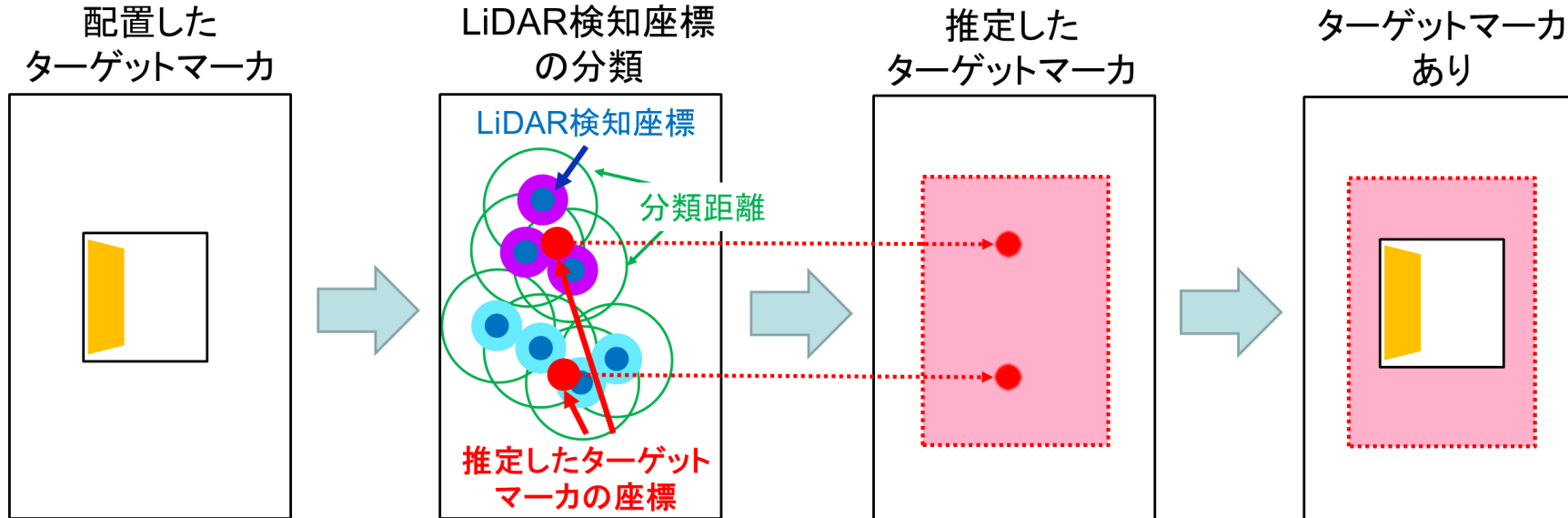


## 4. LiDAR検知座標の分類

- 一つのターゲットマーカを複数のターゲットマーカとして推定

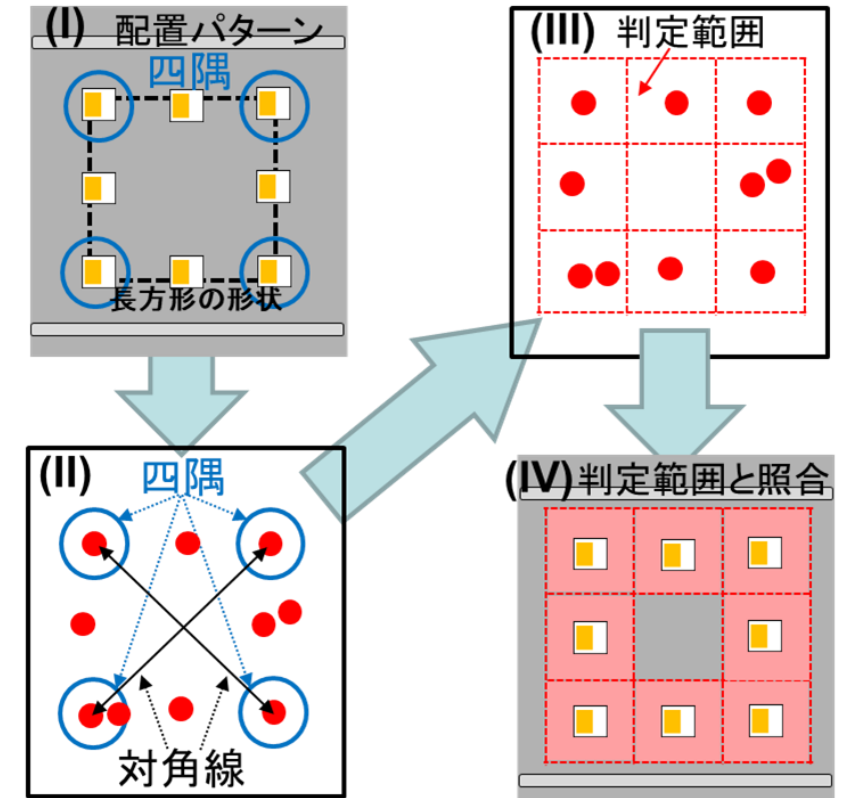


- LiDARセンサの性能を考慮した分類距離に設定
- ターゲットマーカの有無を判定する範囲(図の右側の赤色)を設定し、その範囲に推定したターゲットマーカが存在する場合に、ターゲットマーカがあると判定



## 5. 配置パターンの認識

- I. 四隅には必ずターゲットマーカを配置するとともに、ターゲットマーカの設置可能な配置数が既知
- II. 推定したターゲットマーカの座標の中で最も離れた位置にある座標の組を2つ選出して、配置パターンが存在する場所を決定
- III. 選出した座標からターゲットマーカの有無を判定する格子(赤枠)を設定
- IV. 設定した格子内に推定したターゲットマーカの座標が存在する場合、ターゲットマーカがその格子に存在すると判定





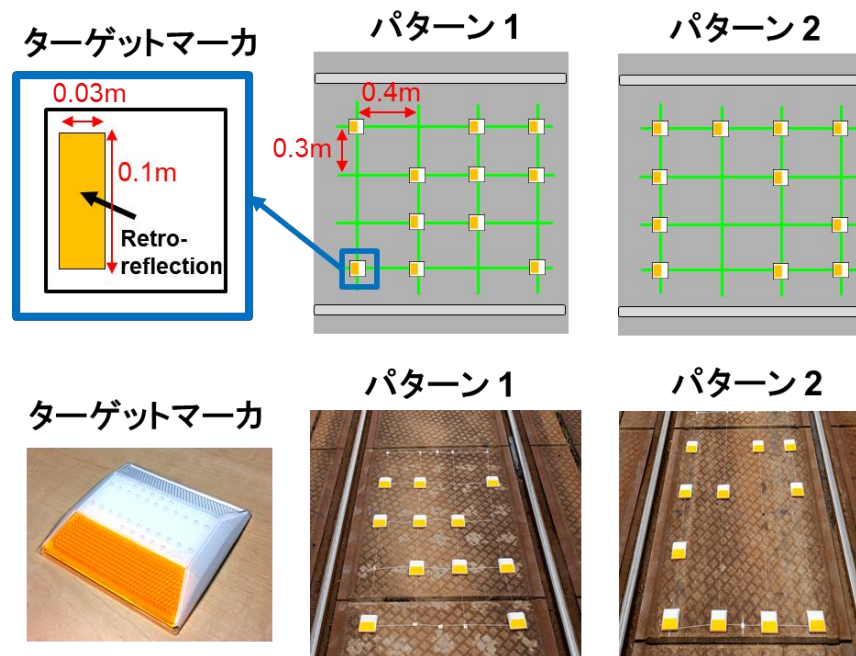
## 6. 実車を用いた試験

以下の条件で本手法の実現可能性を検討

- LiDARセンサ：軌道面から12.5度下向きかつ1.87mで仮設
- 車両の速度：10km/h程度と40km/h程度



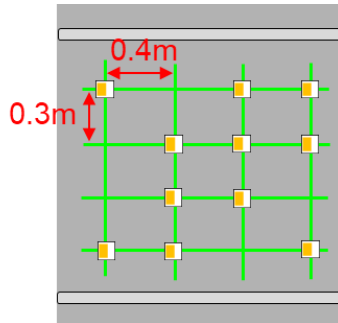
| 配置パターン |     | 通過速度     |
|--------|-----|----------|
| パターン1  | (a) | 10.1km/h |
|        | (b) | 38.3km/h |
| パターン2  | (c) | 12.0km/h |
|        | (d) | 39.5km/h |



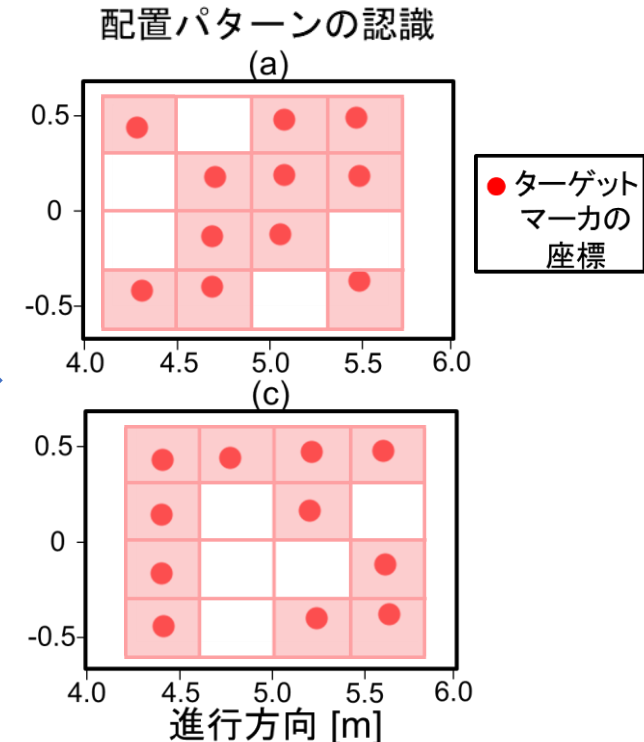
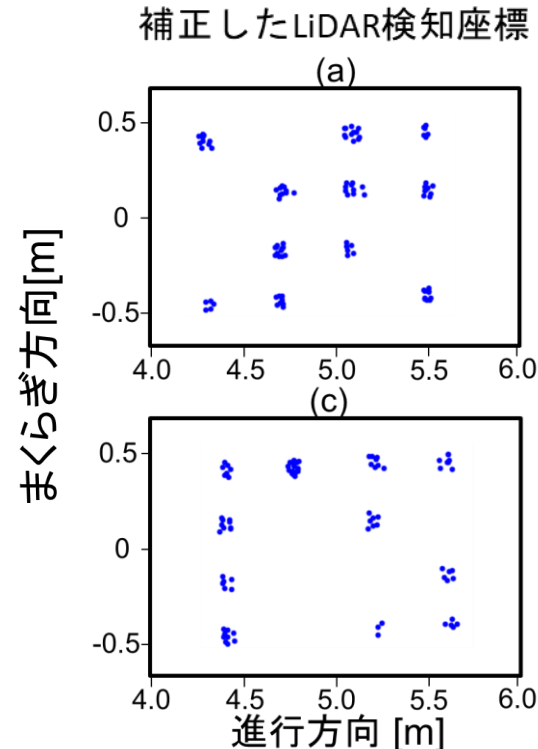
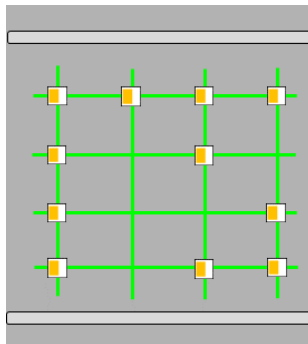
## 6. 実車を用いた試験

取得したLiDAR検知座標を用いて配置パターンを認識した結果(10km/h程度)、  
→各ターゲットマーカの位置ごとに推定したターゲットマーカの座標がある  
ことを確認

パターン1  
(a) 10.1km/h



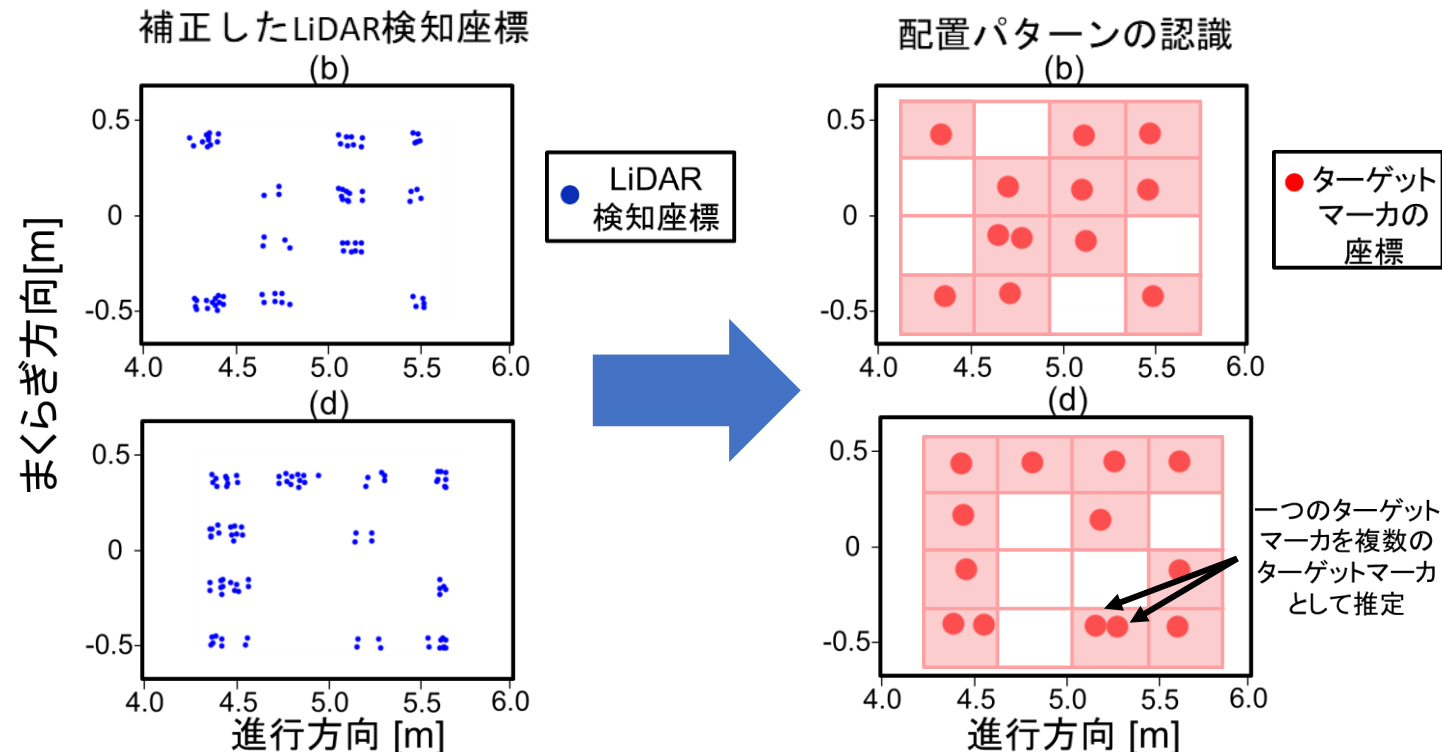
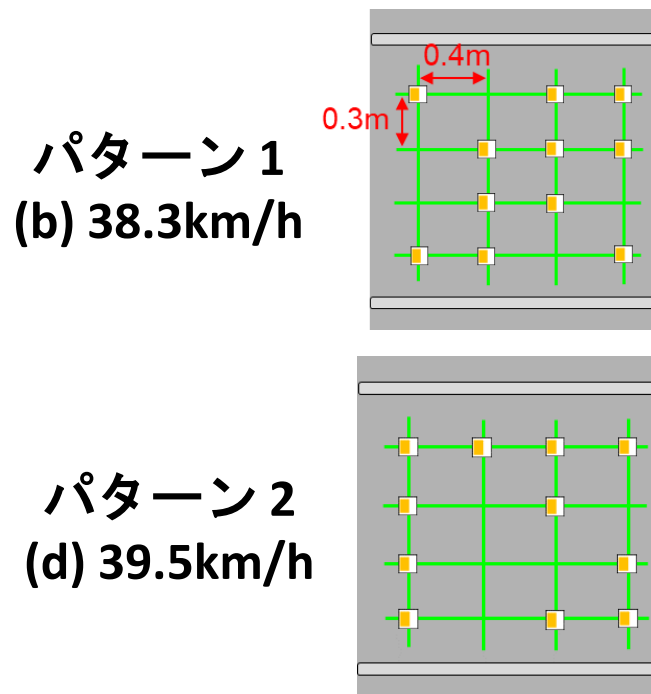
パターン2  
(c) 12.0km/h



## 6. 実車を用いた試験

取得したLiDAR検知座標を用いて配置パターンを認識した結果(40km/h程度)、

- 一つのターゲットマーカを複数のターゲットマーカとして推定  
→ 判定範囲(赤枠)を設定することで配置パターンの誤認識を防ぐことを確認



# 7. まとめ・今後の課題

## <まとめ>

- 地上装置を簡略化するための車上での位置検知手法として  
LiDARセンサを用いた車上で配置パターンを認識する方法を提案
- 提案手法の実現可能性を検討した結果、40km/h程度までの速度においては、配置パターンを認識できることを確認

## <今後の課題>

- より高速での走行において配置パターンの認識が可能かを検討

# ターゲットマーカの間隔

まくらぎ方向：分類距離

進行方向：分類距離とLiDAR検知座標の補正に使用する走行距離に含まれる誤差

