

自律走行外観検査ロボットの 研究開発（第3報）

電子・情報科

機械・加工科

ロボット・制御科

機械加工ロボット科

○石澤 満、三瓶 史花、鈴木 健司、太田 悟

菅野 雄大

清野 若菜、近野 裕太

三浦 勝吏、塚本 遊

背景・目的

【背景】

- 社会インフラ高経年化、人手不足が全国的な課題
- 目視点検からドローン、ロボットによる自動点検へ



【目的】

指定点検箇所へ移動し、**外観検査用三次元データ構築**及び**異音検出**を行うロボット開発

【三つの要素技術】

- (1) 外観検査のための三次元データ構築
- (2) 立体音響による異音検知及び方向提示
- (3) 自律走行システムによる移動及び地図作成

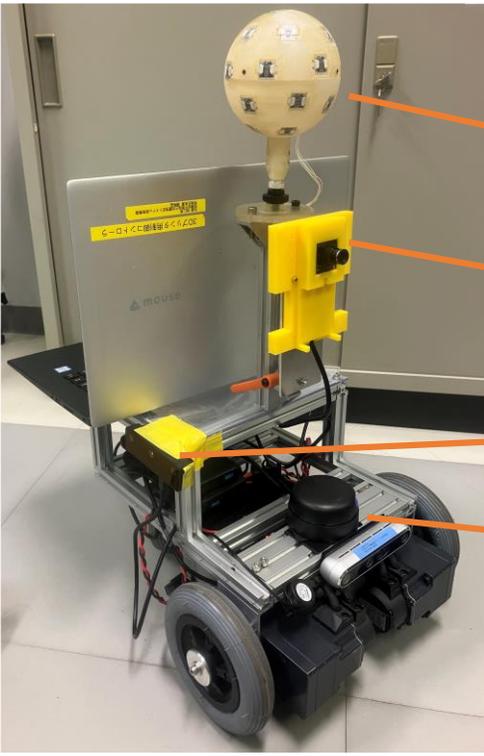
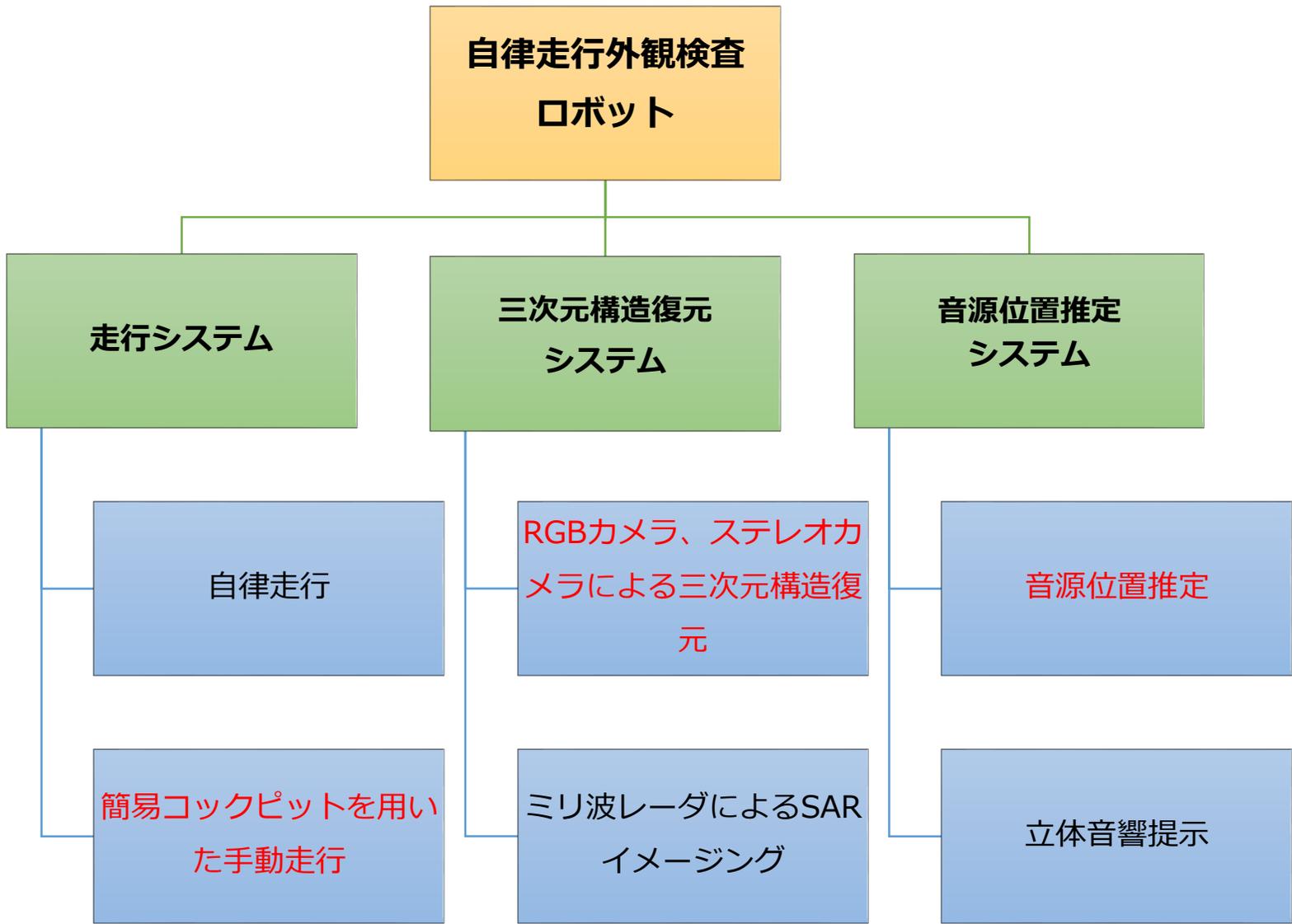


省力化に寄与し、人手不足を補う

プラント配管、鉄筋下



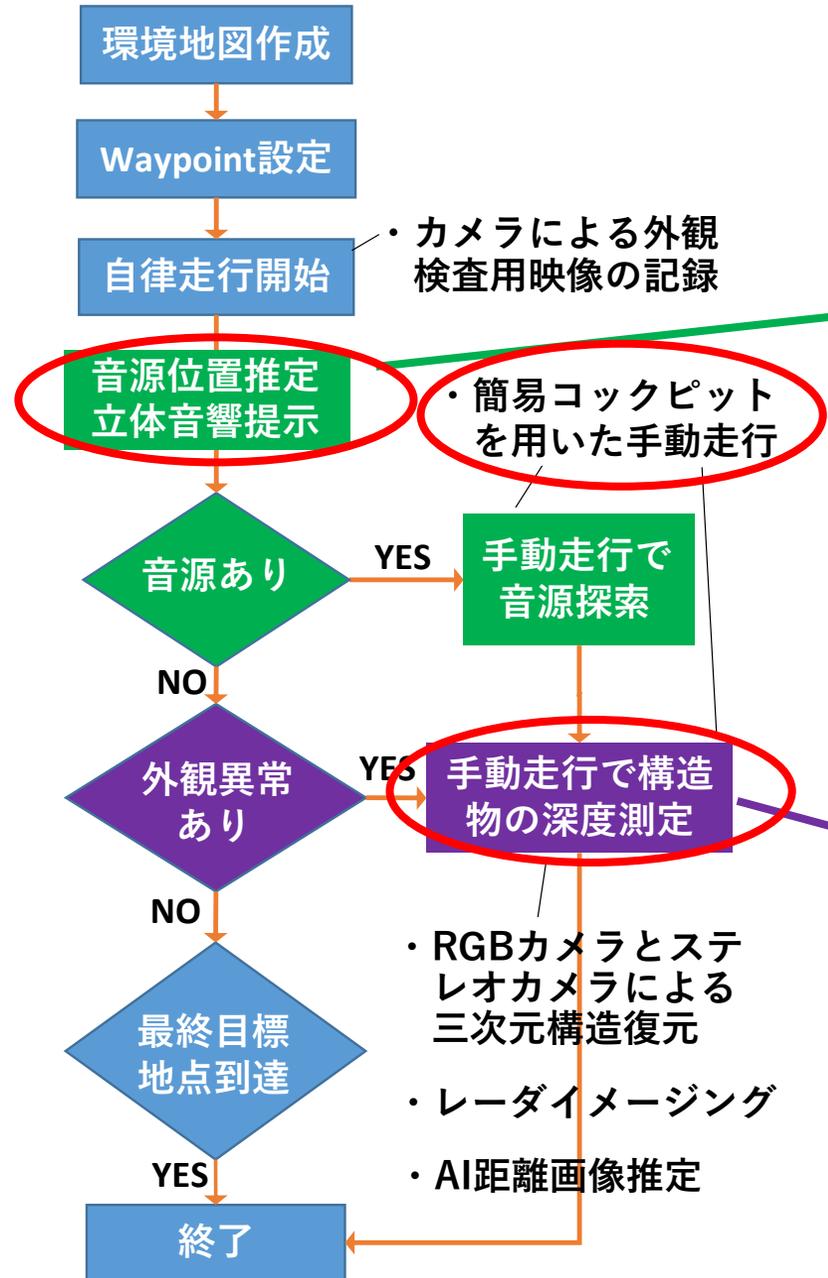
自律走行外観検査ロボット



- 25ch球形マイク
ロホンアレイ
- 前方監視用
RGBカメラ
- RGBカメラ+ステ
レオカメラ
- LiDAR

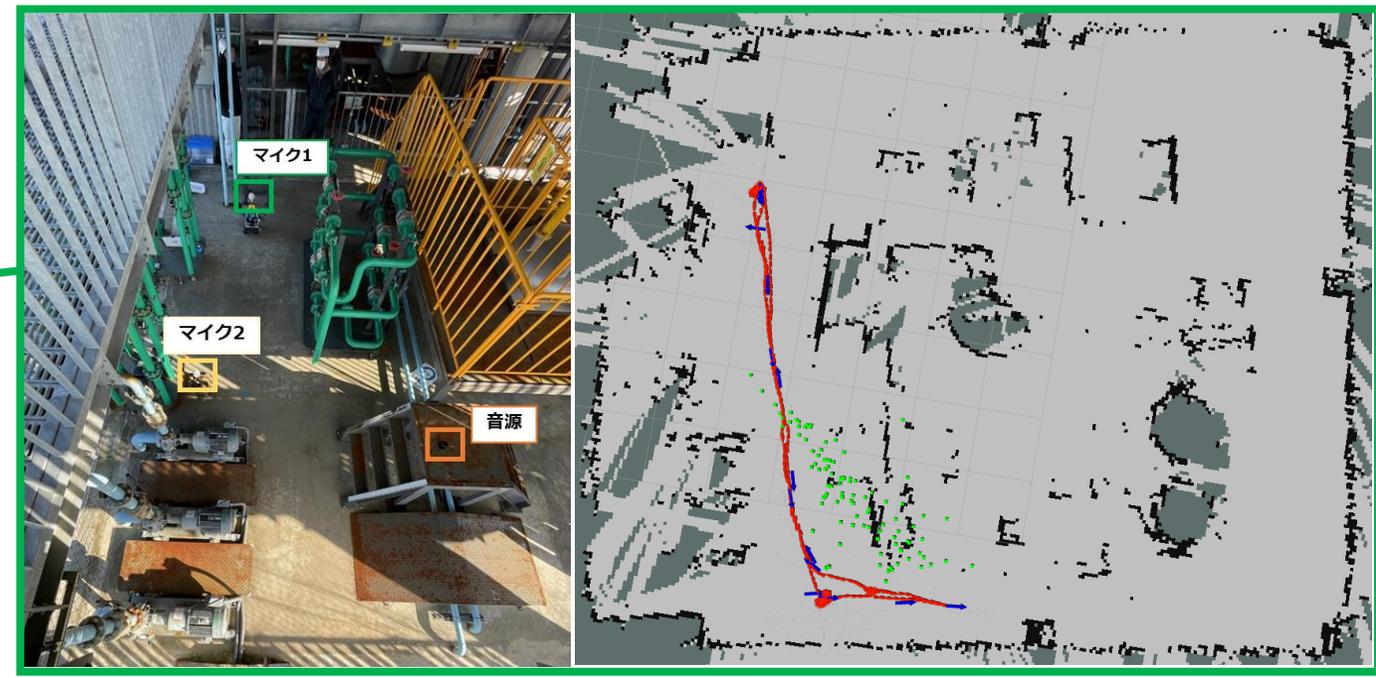
自律走行外観検査ロボットの外観

フローチャート



・カメラによる外観
検査用映像の記録

・簡易コックピット
を用いた手動走行



・RGBカメラとステ
レオカメラによる
三次元構造復元

・レーダイメージング

・AI距離画像推定

自律走行における音源位置推定実験

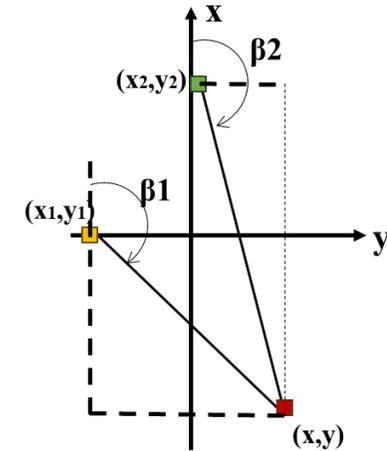
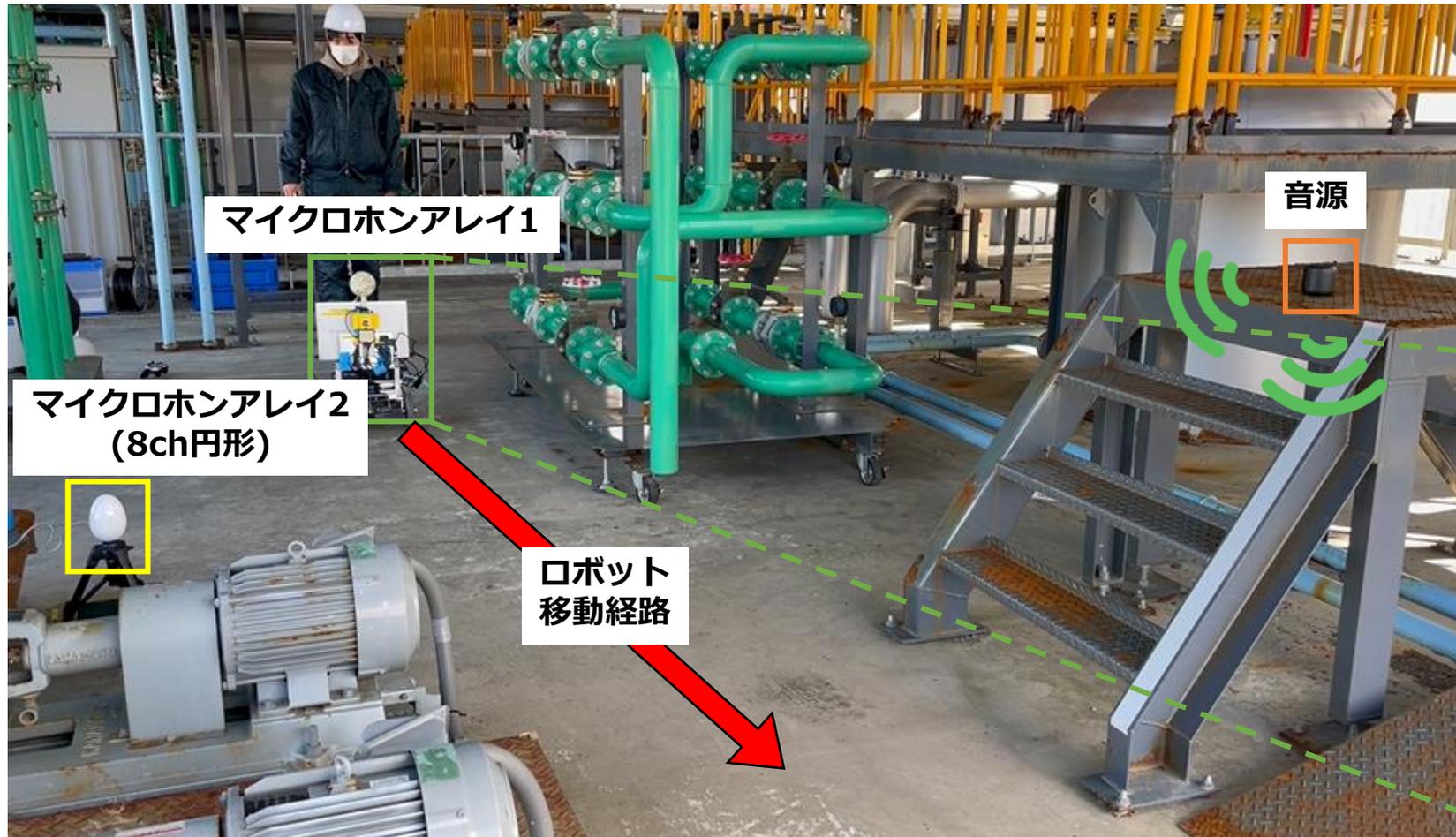
↳ 自律走行による定期点検時に音源位置をマッピング

場所：RTF試験用プラント

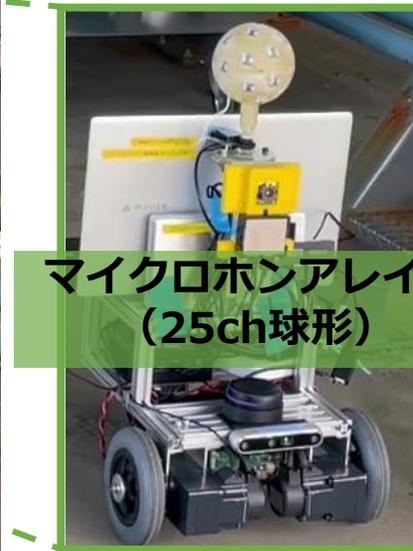
音源：配管スチーム音

音源位置の推定方法

2つのマイクロホンアレイで音源方向を推定
三角測量の原理から音源位置を計算



$$\frac{y_1 - y}{x_1 - x} = \tan \beta_1$$
$$\frac{y_2 - y}{x_2 - x} = \tan \beta_2$$

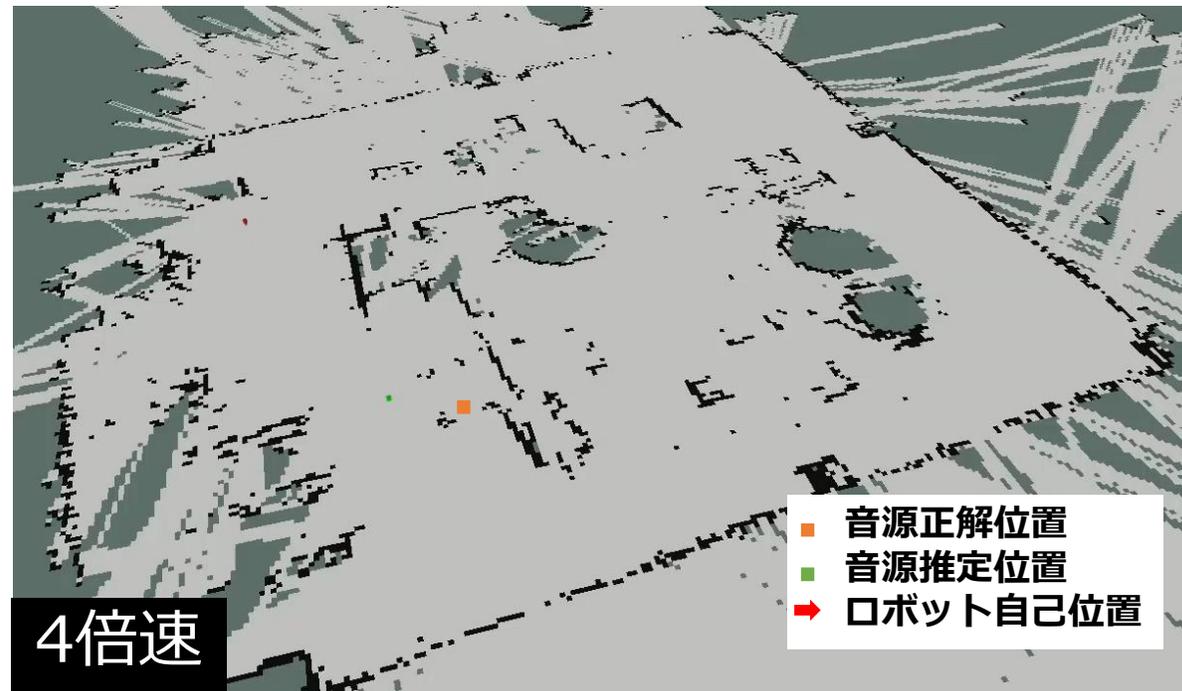


マイク座標は
ロボの自己位置
から算出

音源位置推定実験時の様子

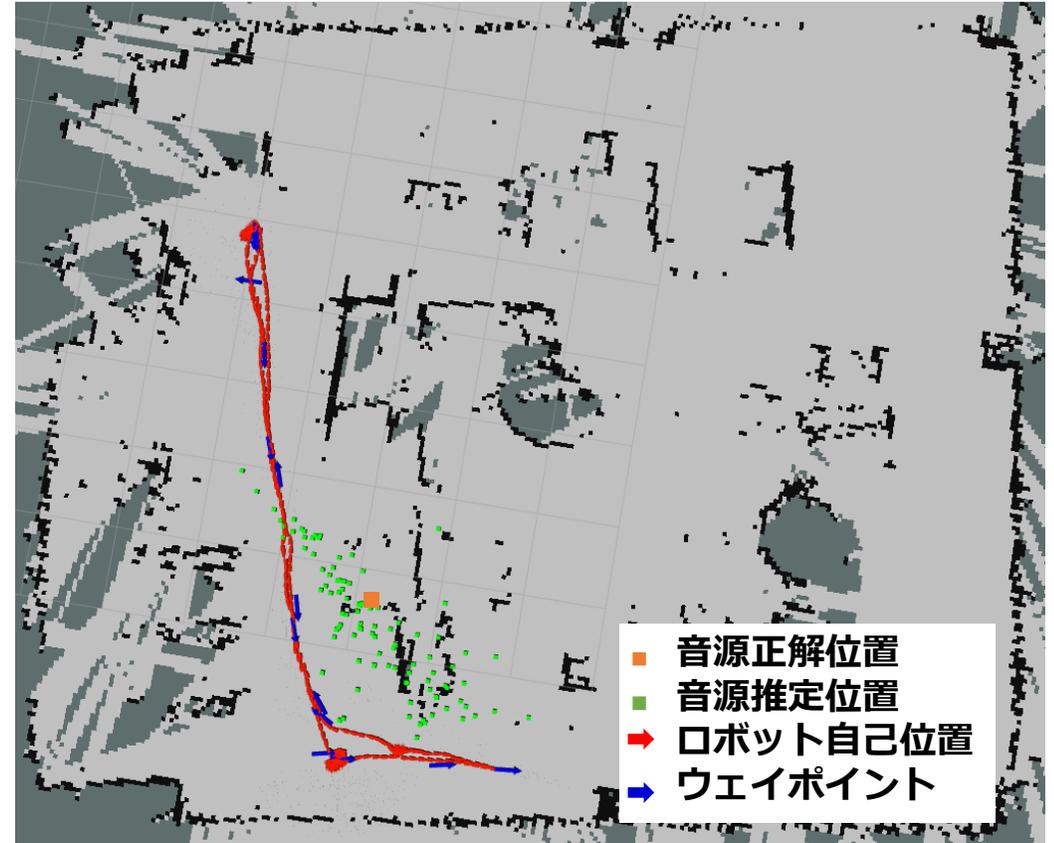
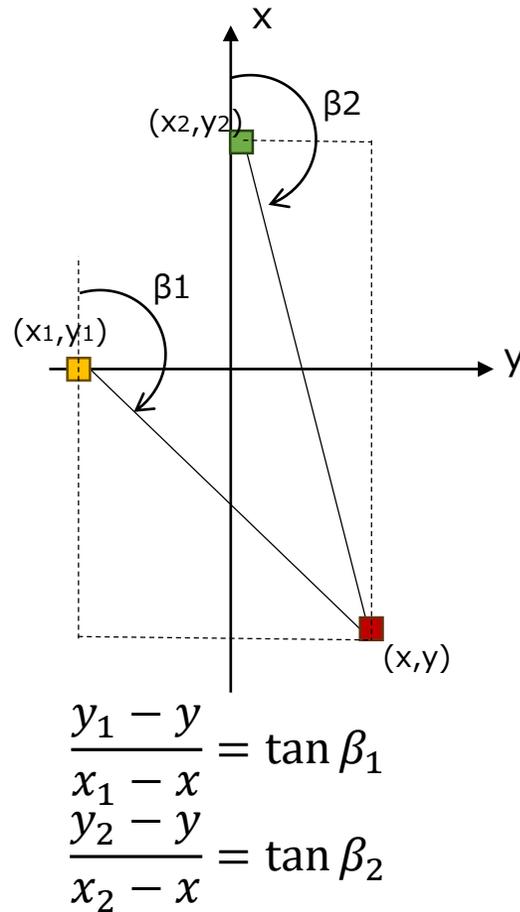
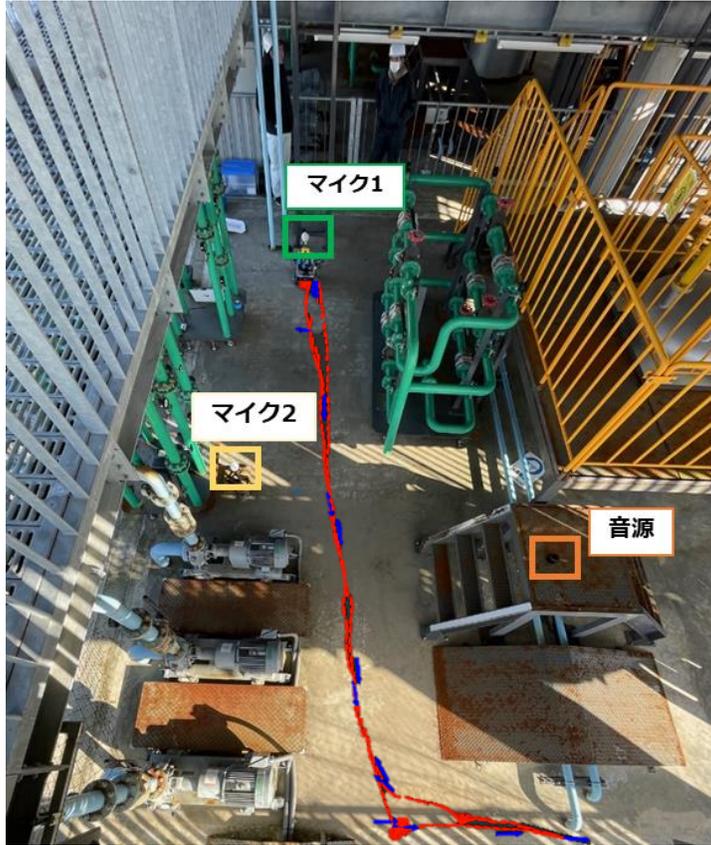


ロボット走行時の様子



地図上におけるロボットの走行軌跡と音源位置推定 (RViz)

音源位置推定結果



正解音源位置	$(x, y) = (4.3, -2.1)$
推定結果の平均位置	$(x, y) = (4.58, -1.52)$
平均位置と正解音源位置間の誤差	0.64 [m]
マイクロホンアレイ1の音源定位誤差	平均: 17.1[°] 標準偏差: 24.9
マイクロホンアレイ2の音源定位誤差	平均: 4.97[°] 標準偏差: 8.20

音源位置のばらつき大→風切り音及び残響の影響
 精度向上のためには、
雑音除去・残響除去及び統計的後処理による位置推定
 の検討が必要

簡易コックピット

○簡易コックピット（電子計測室2）

※ROS対応

構成：24型モニタ5台、G29（ステアリング、ペダル）、シート等
キャスタ付きのため移動可能（使用時は固定）

使用用途：

○環境地図やカメラ映像、音の可視化情報、
ミリ波+深度推定情報等の表示

○ロボットの手動走行
（三次元構造復元時のロボットの走行操作、
音源推定場所までの走行操作）



簡易コックピットを用いた手動走行実験の結果



動画1 カメラ映像とロボットの走行軌跡

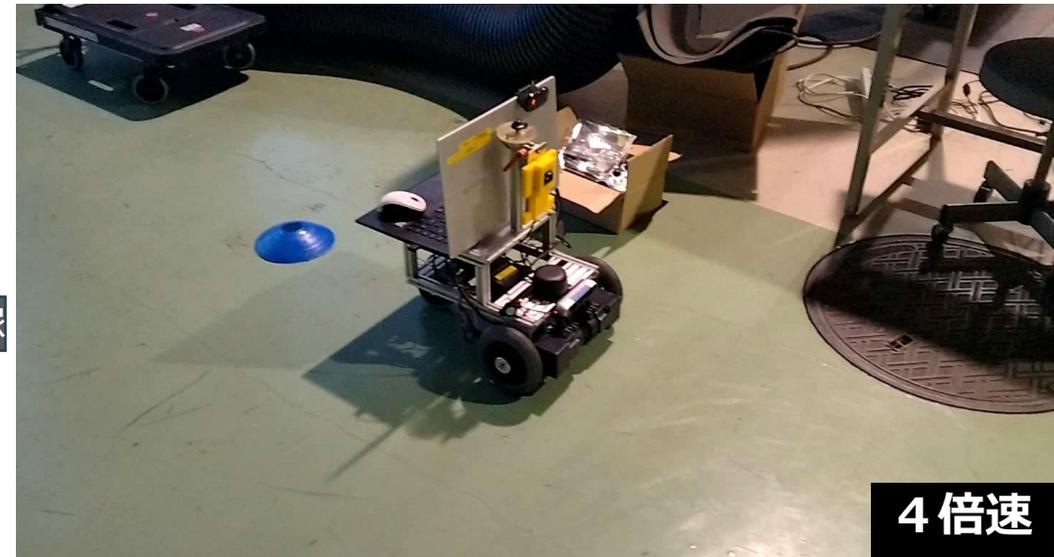


動画2 簡易コックピット操作時の様子

カメラ映像と環境地図中のロボットの自己位置推定結果の情報を参考に走行ロボットを遠隔操作。

カメラ映像

速度指令



動画3 ロボット走行時の様子

結果：約20[m]の距離を手動走行できた。

課題：車体幅が分からず、狭路の走行が困難

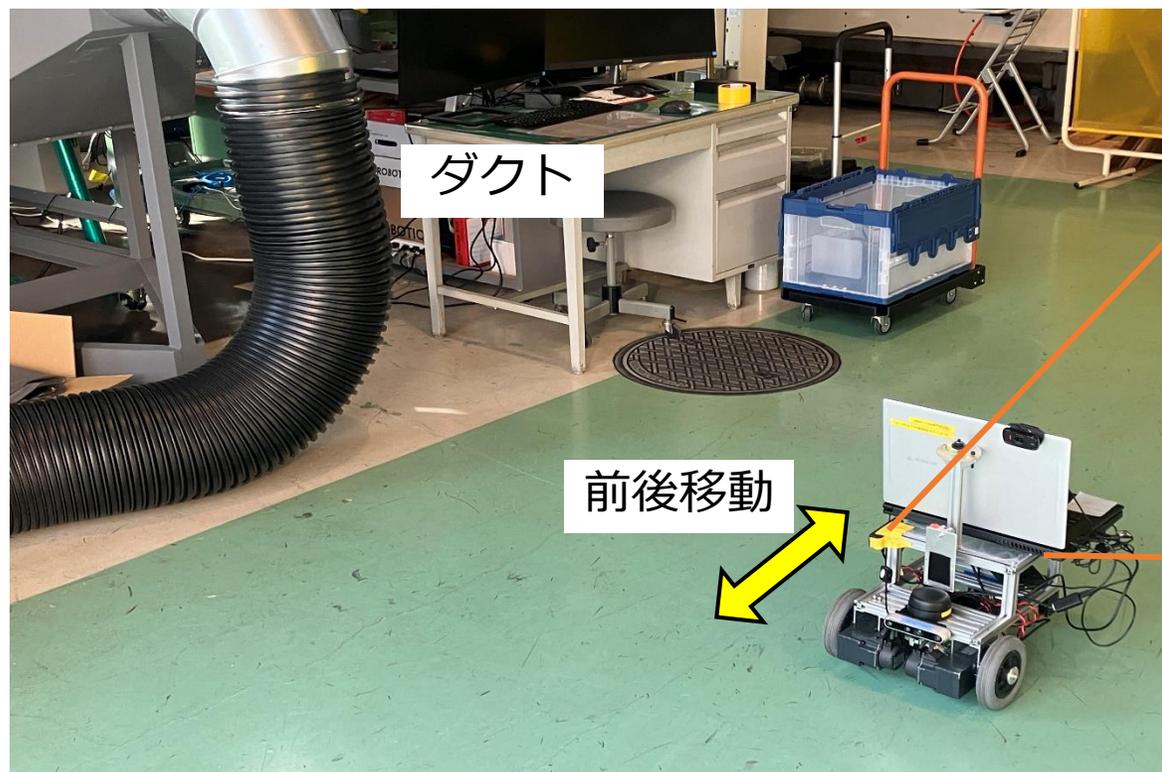
今後：360°カメラの俯瞰視点映像により操作性向上を図る

手動走行における三次元構造復元

三次元構造の復元方法

カラー画像とステレオカメラにより得られた深度画像からDROID-SLAMで三次元構造を復元

場所：実験棟
対象：塗装ブース
ダクト



三次元構造復元時の様子



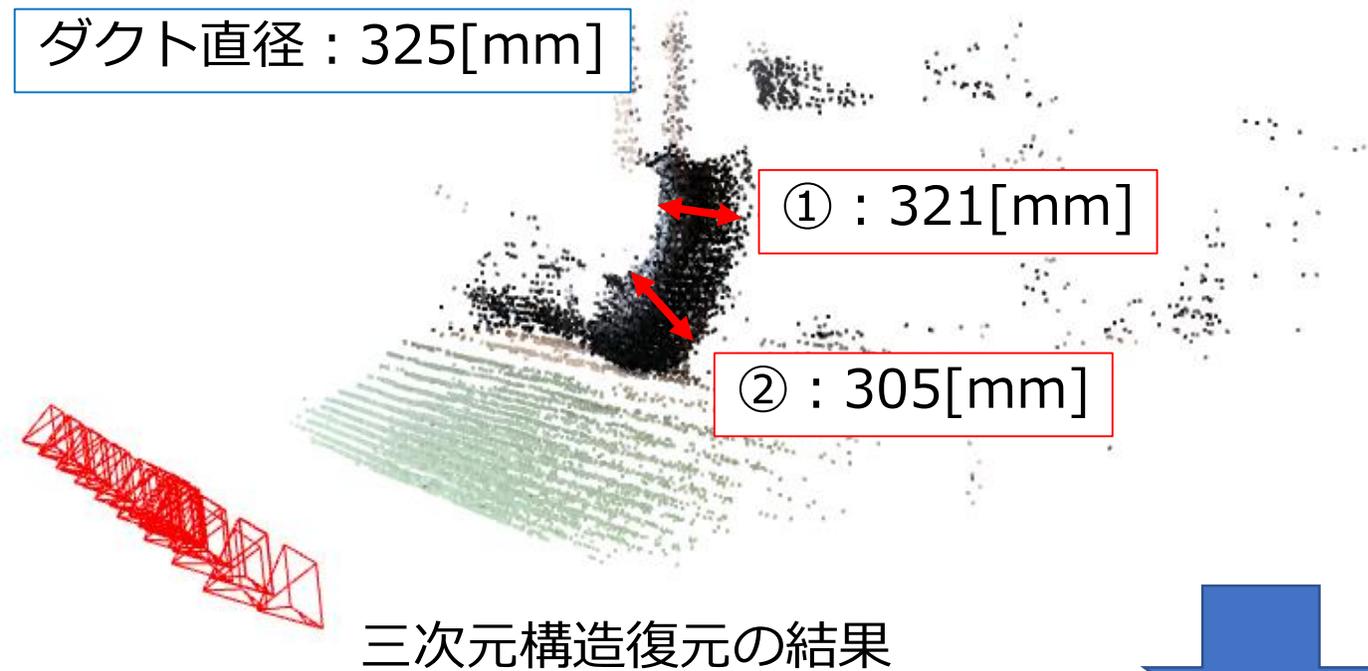
RGBカメラ+ステレオカメラ



遠隔操作

手動走行における三次元構造復元実験の結果

ダクト直径：325[mm]



三次元点群と実寸法との寸法比較

測定箇所	実寸法 [mm]	三次元点群 [mm]	誤差 [mm]	誤差率
①	325	321	-4	1.23%
②	325	305	-20	6.15%

- 測定箇所①、②の誤差率はともに7%未満
- ①と比較し②の誤差が大きくなった
→ 必要な箇所を十分に撮像できなかったため、エッジ部分を復元しきれなかった可能性がある

測定対象物を全方位から撮像する手法について検討が必要。

まとめ

- 自律・手動走行し、三次元構造復元及び音源位置推定をする点検ロボットを開発した
- RTF試験用プラントでの自律走行実験
- RTF試験用プラントにおいてロボットに搭載した2つのマイクロホンアレイを用い、音源位置を推定した
- 実験棟での簡易コックピットによる手動走行実験
- 実験棟において走行ロボットに搭載したRGBカメラ＋ステレオカメラを用い、ダクトの三次元構造復元及び寸法計測を行った