

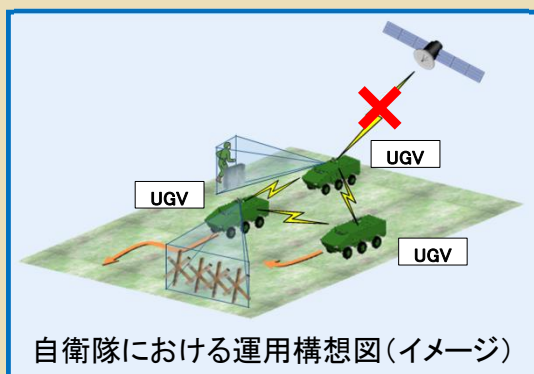
# 無人機技術の研究

防衛装備庁 陸上装備研究所 システム研究部  
無人車両・施設器材システム研究室

## 背景

### 自衛隊において想定されるUGV※<sup>1</sup>の運用環境

- 状況の変化により**既存の高精度地図が使用できない**場合がある。
  - 我々の企図の秘匿や妨害等により**GNSS※<sup>2</sup>が使用できない**場合がある。
  - **障害物が散乱しているオフロード(舗装されていない路面)**で運用する。
  - **複数の有人・無人機と協調して運用する。**
- ※1 UGV : Unmanned Ground Vehicle (無人車両)  
※2 GNSS : Global Navigation Satellite System (全地球衛星測位システム)



### 民間・公道における自動運転車両との相違点

- 民間・公道における自動運転では、車両が走行する領域は**全て走破可能である前提**であり、**信号や交差点の位置等も既知**である。
- 一方、自衛隊におけるUGVはオフロードを走行し、**走破可能な経路を時点時点で選定**する必要がある。更に、**他の有人機や無人機と協調的に行動**する必要がある。



走破可能な経路の選定や協調行動を行う無人機に必要な技術の獲得を目的として、複数の無人機で協調的にSLAM※<sup>3</sup>を行う**マルチエージェントSLAM**の研究及び**自律協調するスウォームを活用した動的監視網システム**について研究を実施。

※3 SLAM : Simultaneous Localization And Mapping (位置推定と地図作成を同時に行う技術)

## マルチエージェントSLAM(複数のUGV)

- GNSSを使用できない環境を想定し、オフロードにおいて、4台の車両によるマルチエージェントSLAMの検証を実施。

### 検証に使用した器材

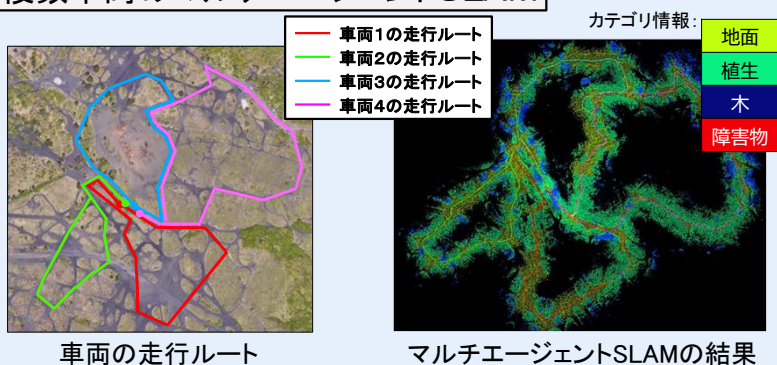


検証に使用したセンサ

検証に使用した車両

※4 LiDAR : Light Detection And Ranging (レーザ測距計センサ)  
※5 IMU : Inertial Measurement Unit (慣性計測装置)

### 複数車両のマルチエージェントSLAM



各車両がSLAMを実行しながら、LiDARデータの類似度が高いと判定できた際に各エージェントのSLAM結果を統合できることを確認。

# 無人機技術の研究

防衛装備庁 陸上装備研究所 システム研究部  
無人車両・施設器材システム研究室

## マルチエージェントSLAM(UAVとUGVの連携)

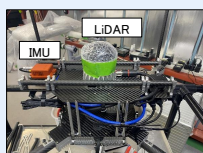
- UAV※6とUGVによるマルチエージェントSLAMの検証を実施

※6 UAV : Unmanned Aerial Vehicle(無人航空機)

### UAVによるSLAM



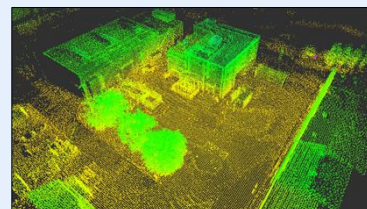
検証に使用したUAV



UAVへのセンサの取付  
(下側から見た図)



計測場所(陸上装備研究所構内)



UAVが作成した3次元地図

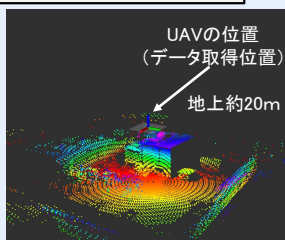
IMUと半球型のLiDARを地面方向がZ軸の正の向きとなるようにUAVに搭載。

地上約20mの高度で飛行し、SLAMを実施。

UAVの高度を活かした広範囲なセンサ視野により、UGVよりも広域の環境認識が可能。

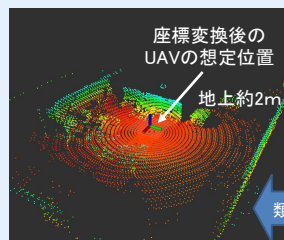
### UGVとの連携

#### UAV搭載LiDARの座標変換

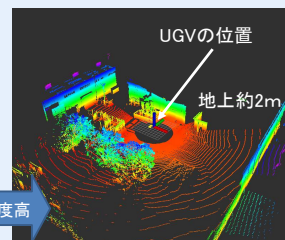


UAV搭載LiDARのデータ  
(オリジナル)

座標  
変換



UAV搭載LiDARのデータ  
(座標変換後)



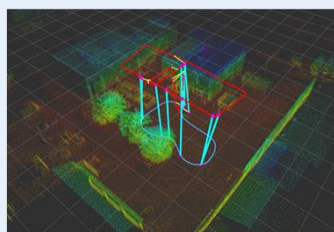
UGV搭載LiDARのデータ

類似度高

UAV搭載LiDARとUGV搭載LiDARでは高度違いの同一地点にいてもセンサの高度が異なるため、センサデータの見え方が大きく異なり、同一地点と認識できない。

UAV搭載LiDARをUGV搭載LiDARの座標系に変換し、センサデータの見え方がなるべく一致するよう処理することで、高度違いの同一地点認識を実現。

#### UAVとUGVによるマルチエージェントSLAM



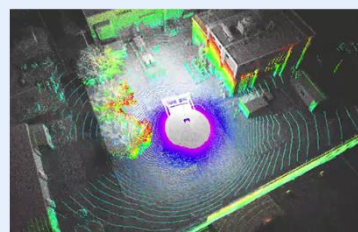
UAVとUGVによるマルチエージェントSLAMの結果

- UAVが推定した自己位置の軌跡
- UGVが推定した自己位置の軌跡
- UAV内で同一地点と認識した対応関係
- UAV-UGV間で高度違いの同一地点と認識した対応関係

UAVの作成する地図とUGVが作成する地図で同一地点を認識し、**各無人機が作成する地図を結合**できることを確認。

それぞれの無人機の偵察結果や位置情報の共有が可能。

#### UAVの作成した地図を利用した自己位置推定



白 : UAVが作成した3次元地図  
虹色 : UGVの現時刻のLiDARデータ

UAVが作成した3次元地図にUGVのLiDARデータを照合した結果

UGVに搭載したLiDAR点群データとUAVが作成した地図を照合することで、**UGVが地図内のどこにいるか継続的に推定**できることを確認。  
UAVが偵察して作成した地図を基に、UGVの作戦立案や経路計画を行うことが可能。



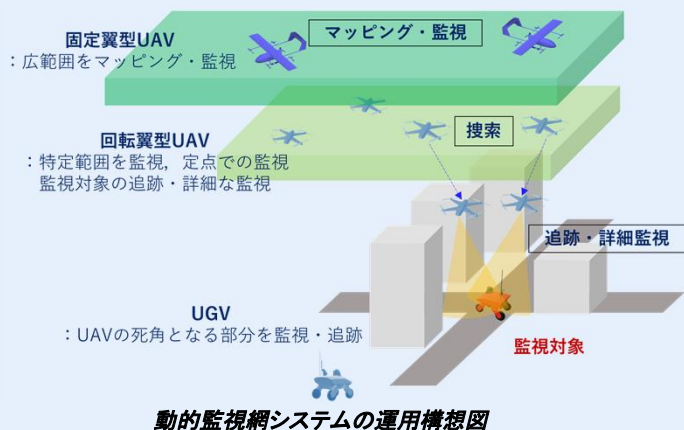
# 無人機技術の研究

防衛装備庁 陸上装備研究所 システム研究部  
無人車両・施設器材システム研究室

## 自律協調するスウォームを活用した動的監視網システム

- 複数の異種無人機を一人のオペレータにより管制する技術、ヒューマンズウォームインタラクション技術とスウォーム関連技術について取り扱う。
- 広範囲を異種無人機群により効率的に監視する“動的監視網システム”を構想し、実証を行った。

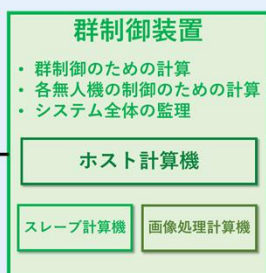
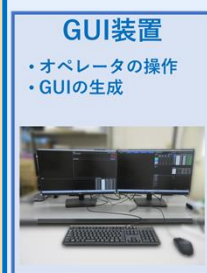
### 動的監視網システムの運用構想



### 運用フロー

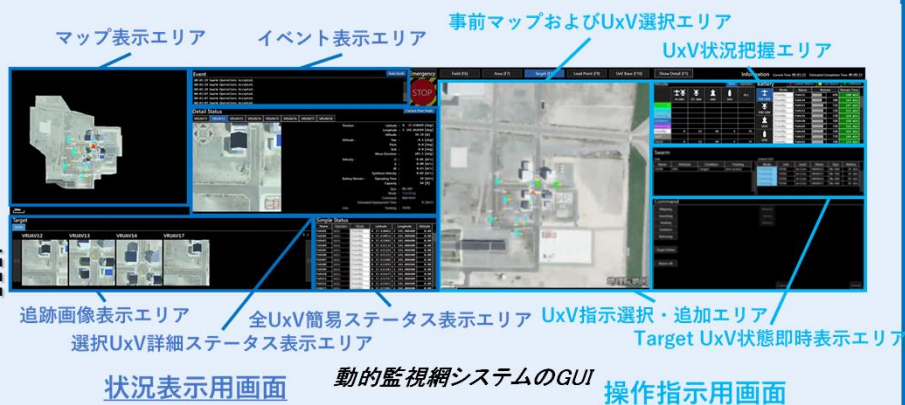
1. 固定翼型UAVが監視対象区域のマッピング及び監視を実施。
  2. 不審なものを発見した場合、回転翼型UAVを展開し、より詳細な検索を実施。
  3. 不審なものを捕捉した後、回転翼型UAVを遷移させ、追跡と詳細な監視を実施。
- ※ UGVはUAVの死角を補完する。  
※ 研究の趣旨を鑑み、GNSSを使用して検証を実施した。

### 動的監視網システムの構成



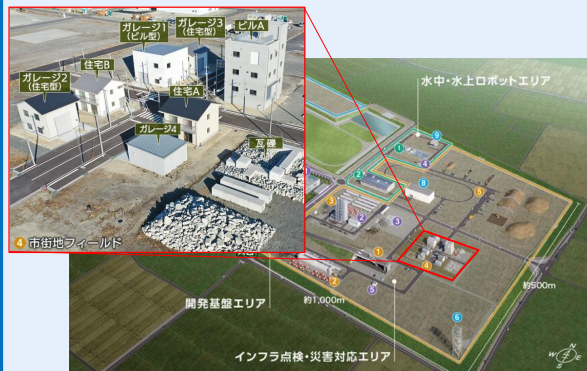
動的監視網システムのシステム構成図

動的監視網システムは、オペレータが操作するGUI装置とスウォームを制御するための計算等を実施する群制御装置、それと接続される各UxVからなる。

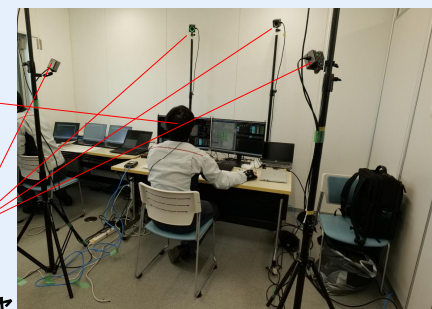


オペレータは、状況表示画面みて状況を把握し、操作指示用画面を使いながらUXV群を管制する。

### 実機及びシミュレータを用いた実証



福島ロボットテストフィールドのうち、市街地フィールドにて実機のUAV10機による実証を実施。



視線解析装置およびモーションキャプチャ装置 ワークロード評価中の様子

検証中は、視線解析やモーションキャプチャ装置により、オペレータのワークロードなどを計測