

UGVの研究

～これまでの取組みと将来のビジョン～

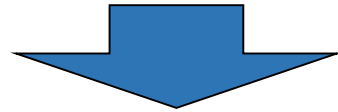
防衛装備庁陸上装備研究所システム研究部
無人車両・施設器材システム研究室

- **UGVの運用環境と課題**
- **UGVの研究構想**
- **UGVの遠隔操縦**
- **UGVの自律化に向けた取組み**
- **まとめ**

UGVの運用環境と課題

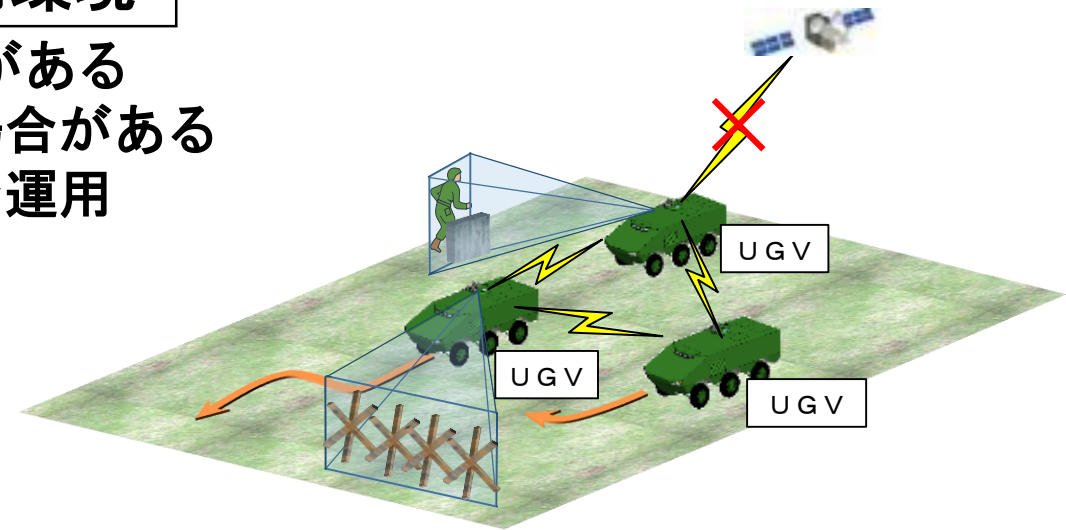
自衛隊において想定されるUGV※¹の運用環境

- ・ 妨害等により**G N S S**※²が**使用できない**場合がある
- ・ 状況の変化により**既存の地図**が**使用できない**場合がある
- ・ **障害物が散乱**している**舗装されていない**場所で運用
- ・ **複数のUGV**で**協調**して運用



課題（獲得すべき技術）

- ・ G N S Sが使用できない状況における**自己位置推定技術**
- ・ 変化する状況に応じて、**逐次そのエリアの地図を作成する技術**
- ・ 舗装されていない場所においても走行可能な場所や障害物を検出可能な**環境認識技術**
- ・ 複数のUGVを運用するための**協調制御技術**



自衛隊での運用構想イメージ

※1 : UGV : Unmanned Ground Vehicle (陸上無人機)

※2 : G N S S : Global Navigation Satellite System (全地球衛星測位システム)

UGVの研究構想

UGVの遠隔操縦

人が遠隔地からUGVを操縦
計画立案のために**地図**を作成

UGVの自律化

各UGVが周囲の**環境を認識**し、**自己位置を推定**しながら自律的に走行

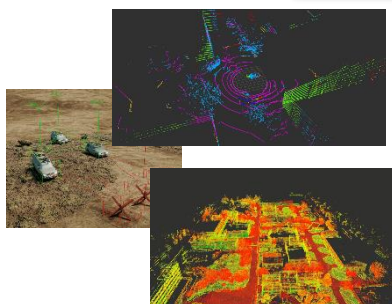
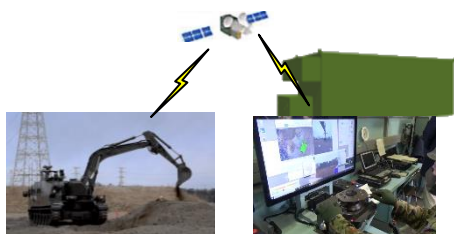
無人機同士の協調

複数の無人機が**協調**して行動

有人機と無人機群の協調

有人機と無人機群が**協調**し、チームとしての能力を最大限発揮

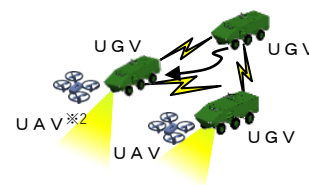
自律化レベル



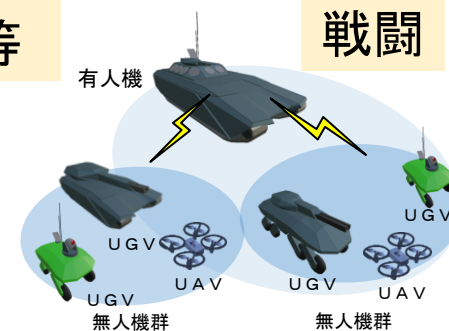
輸送・警備



偵察・警戒・監視等



戦闘



CBRN*対応遠隔操縦
作業車両システムの環境
認識向上技術の研究
(H28~R2)

UGV周辺環境認識技術
の研究 (R2~R4)

無人戦闘車両システム
の研究 (R5~R8)

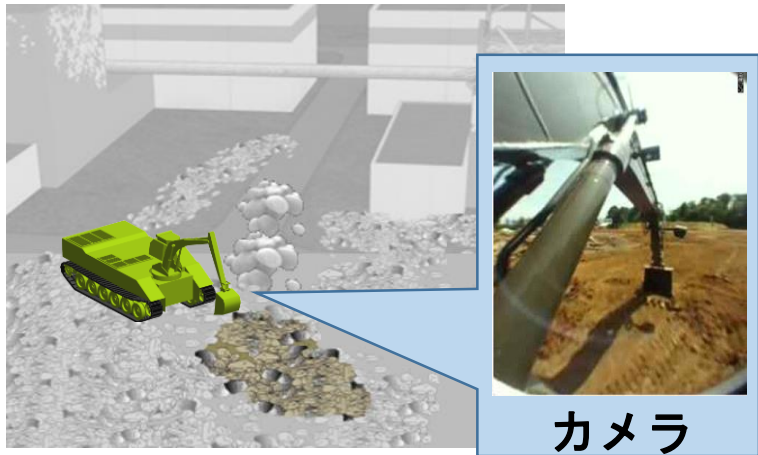
*1 CBRN: 化学 (Chemical)、生物 (Biological)、放射線 (Radiological) 及び核 (Nuclear) の略

*2 UAV: Unmanned Aerial Vehicle (無人航空機)

UGVの遠隔操縦

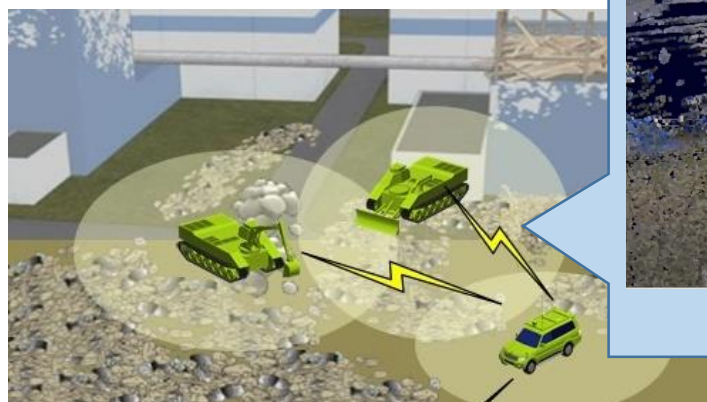
遠隔操縦及び作業のための環境認識技術

従来の手法



カメラのみの限られた視野での作業

環境認識能力を向上



俯瞰表示

カメラ + LiDAR*

- ・ 車両周辺及び作業エリア全体の情報を用いての作業
- ・ 複数車両からの統合された情報を用いての作業

俯瞰表示技術

- ・ 作業中は、**バードビューのような視点（俯瞰表示）**を追加することにより作業時の死角の低減
- ・ **複数車両からの情報を融合**することによる死角の低減

3次元地図作成技術

作業エリア全体の地図を作成し、作業計画の立案に活用

※LiDAR: Light Detection And Ranging (3次元測距センサ)

俯瞰表示技術 (1/2)

3D俯瞰-Read中

視線切替
真上 前方 自由 断面(左) 断面(右) 拡大・縮小 + - 詳細

カメラ画像

俯瞰表示により、窪地と盛土の
相対位置の把握が容易

各種モード情報

項目	値
アーム角度[°]	77.0
ブーム角度[°]	34.2
旋回角度[°]	83
推定高さ[m]	---
押込遅延[秒]	25.0
状態遅延[秒]	0

操作画面

俯瞰表示技術 (2/2)

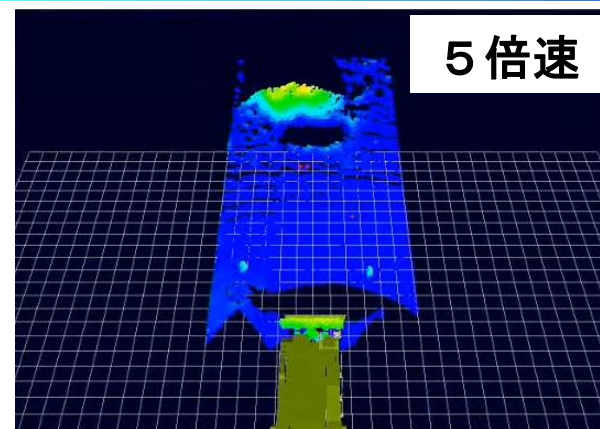


不整地フィールド (舗装されていない場所)



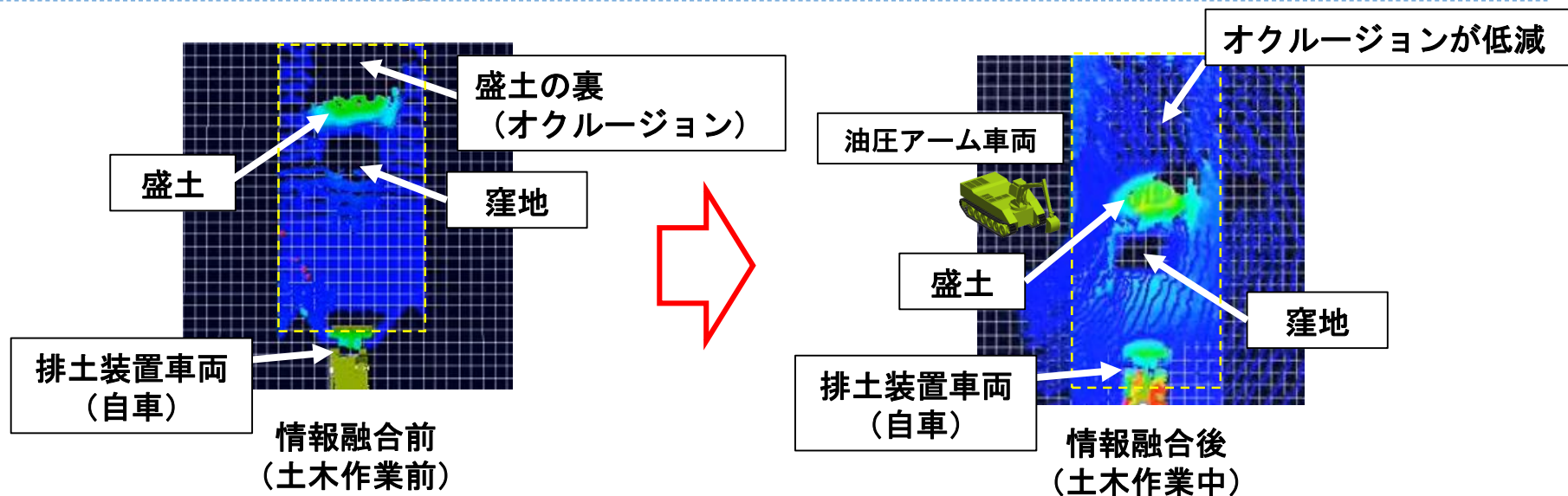
不整地フィールド (舗装されていない場所)

カメラ映像



俯瞰表示

情報融合



- ・ 情報融合によりオクルージョン (センサの死角) が低減
- ・ 俯瞰表示は作業状況の確認に有用

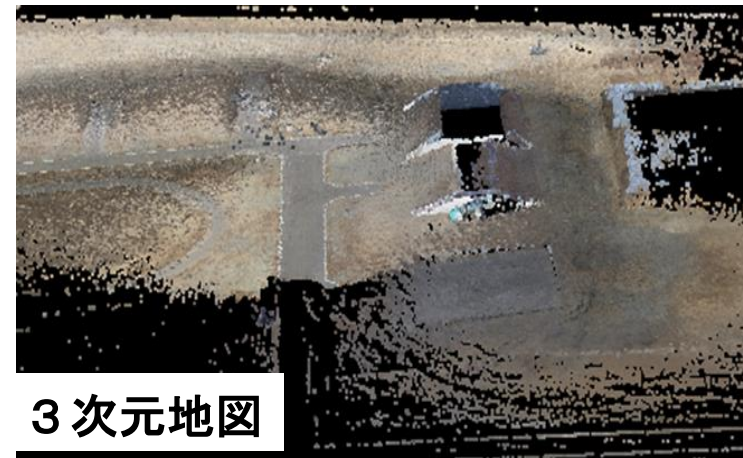
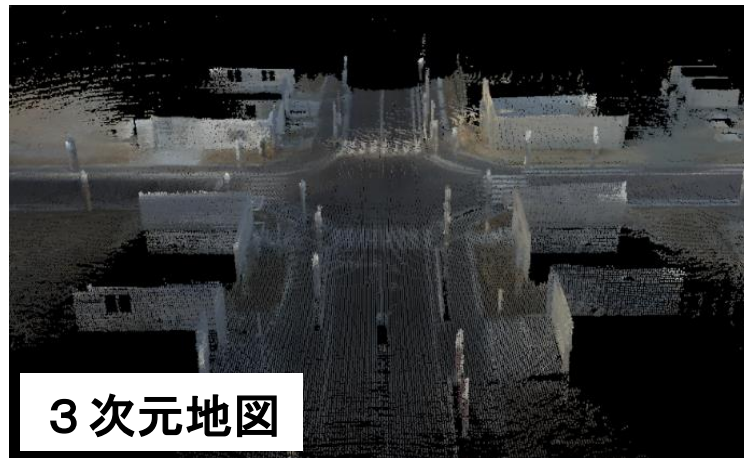
3次元地図作成技術



市街地フィールド



不整地フィールド（舗装されていない場所）



UGVに搭載したLiDARで取得した点群とカメラ画像の色情報を組み合わせることで、作業エリアの3次元地図を作成

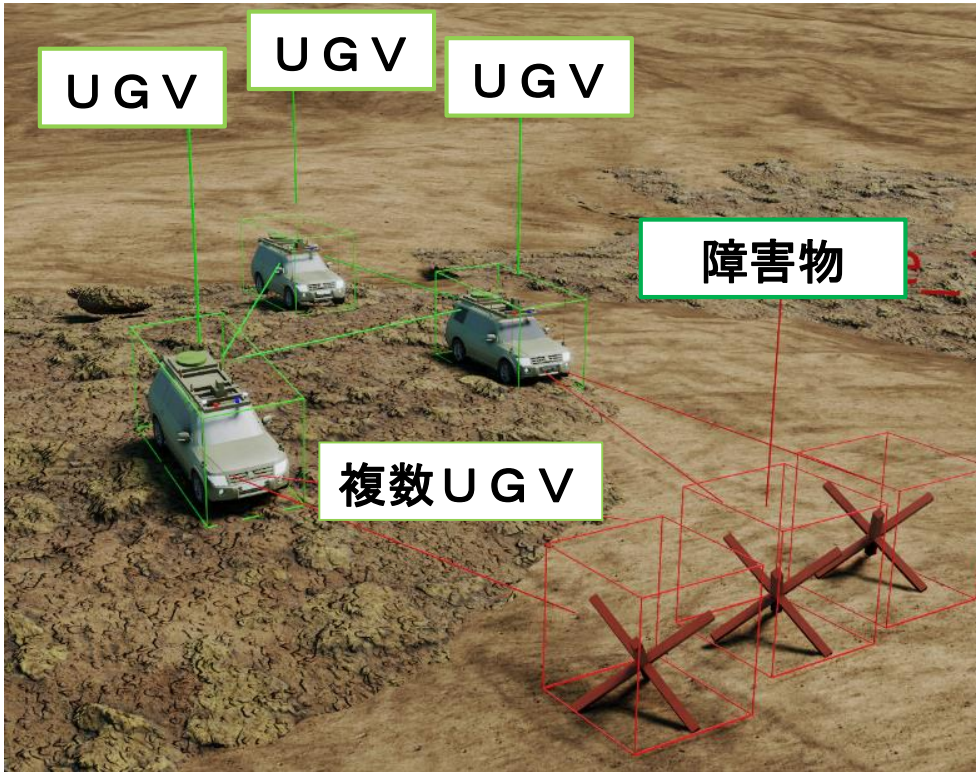
UGVの自律化に向けた取組み

UGVの自律化に必要な技術

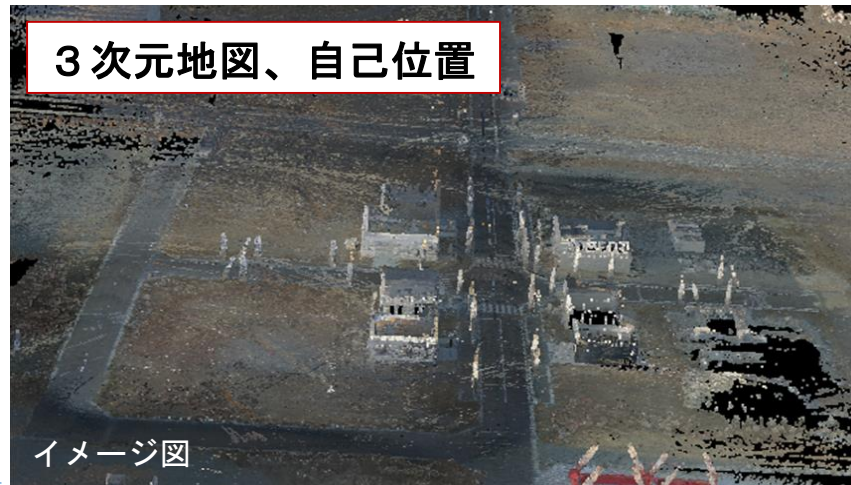
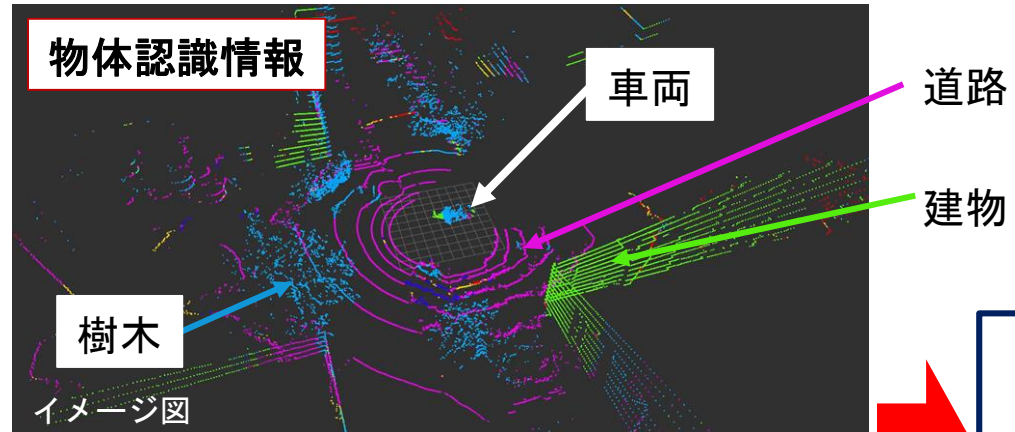
- GNSSが使用できない状況でUGVが行動するには、UGV周辺の**環境情報（物体認識情報、地図情報、自己位置情報）**が必要

➡ 複数のUGVが連携して物体認識及びSLAM※を行うソフトウェアを構築

※SLAM: Simultaneous Localization And Mapping (位置推定と地図作成の同時実行)



複数UGVによる運用時イメージ
障害物等を識別し、その地域の3次元地図を作成



- ・ 計画立案
- ・ 自律制御
- ・ 遠隔操縦等に適用



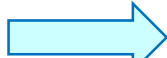
ATLA
Acquisition, Technology &
Logistics Agency

SLAMシステムの構成

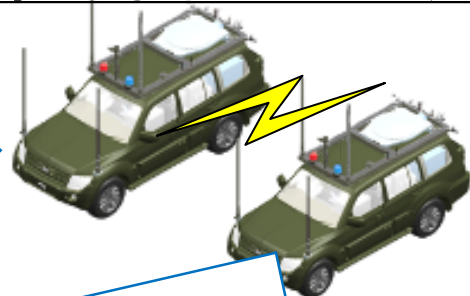
LiDAR及び赤外線カメラを搭載した複数車両によるSLAMシステムを構築

LiDAR

LiDARを搭載した複数車両によるSLAMシステム



搭載



LiDAR

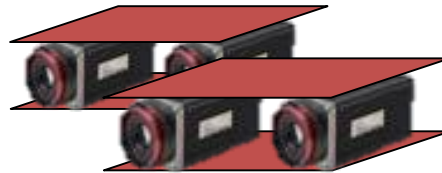
アルゴリズムの構築

- ・ 物体認識処理
- ・ 複数車両によるSLAMシステム



赤外線カメラ

赤外線ステレオカメラを搭載した複数車両によるSLAMシステム



搭載



赤外線ステレオカメラ

アルゴリズムの構築

- ・ 物体認識処理
- ・ 複数車両によるSLAMシステム



統合

LiDAR+赤外線カメラ

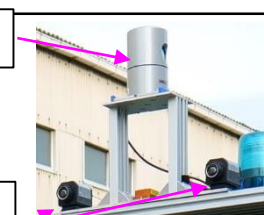
アルゴリズムの構築

- ・ LiDAR及び赤外線ステレオカメラで取得したデータを統合して、広範囲かつ効率的なSLAMが可能



LiDAR

赤外線
ステレオカメラ



搭載センサ



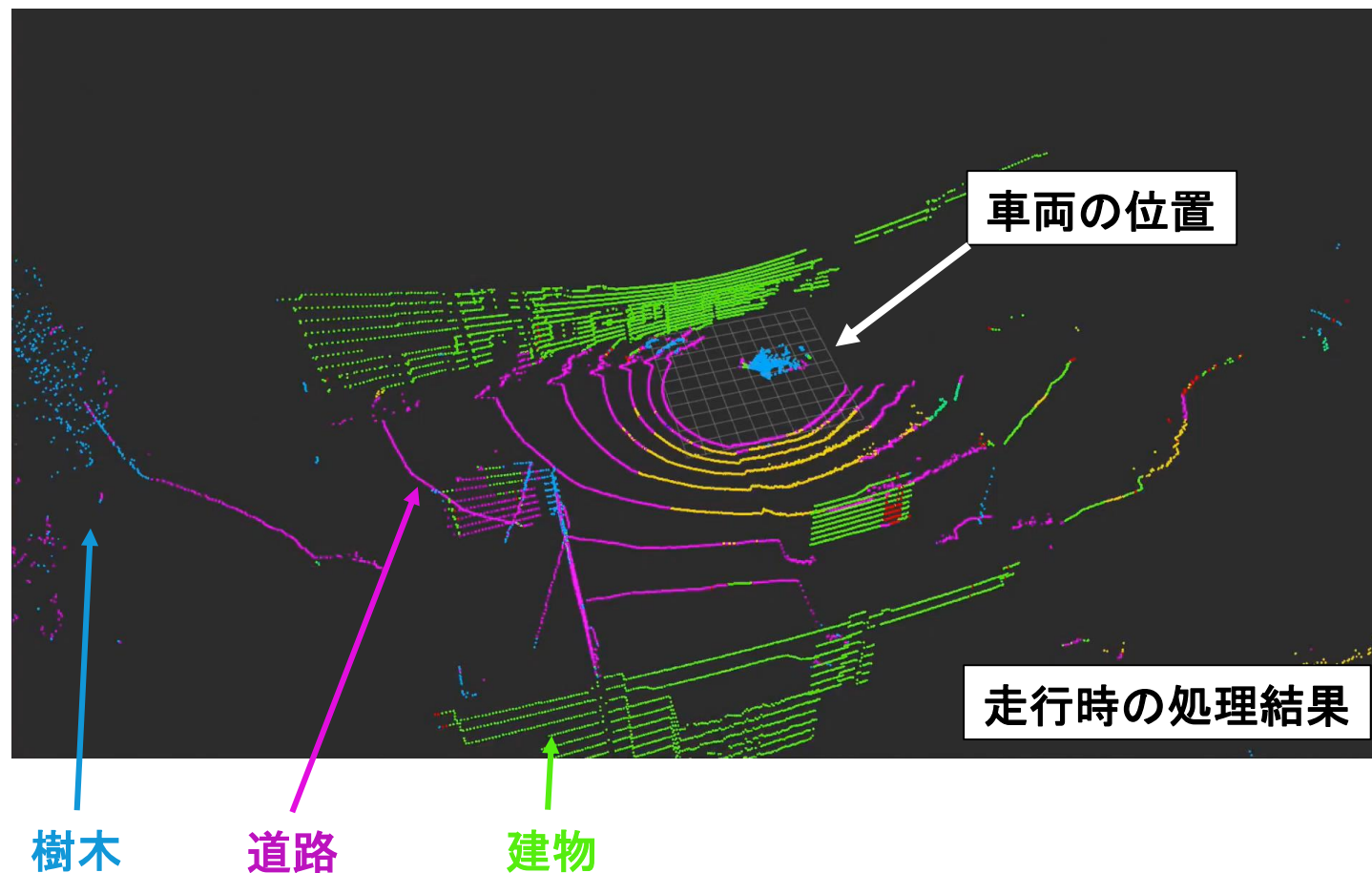
車両



物体認識処理

物体認識処理の結果例：

- L i D A Rで取得した3次元点群に深層学習による物体認識処理を適用
- S L A Mで自己位置を推定する際にノイズとなる人や車といった移動体を除去



赤外線ステレオカメラの取得データ

特徴点の抽出：

- 赤外線カメラで取得した画像に対して物体のエッジやコーナー、物体と背景の境界といった画像の中で目立つパターンや形状を持つ場所を特徴点として抽出

ステレオ視による距離推定：

- 左右の画像から物体までの距離を推定



左カメラ画像



右カメラ画像



特徴点抽出結果



ATLA
Acquisition, Technology &
Logistics Agency

S L A M処理：赤外線ステレオカメラ

S L A M処理の結果例：

2台の車両の自己位置を推定し、各車両の地図情報を統合

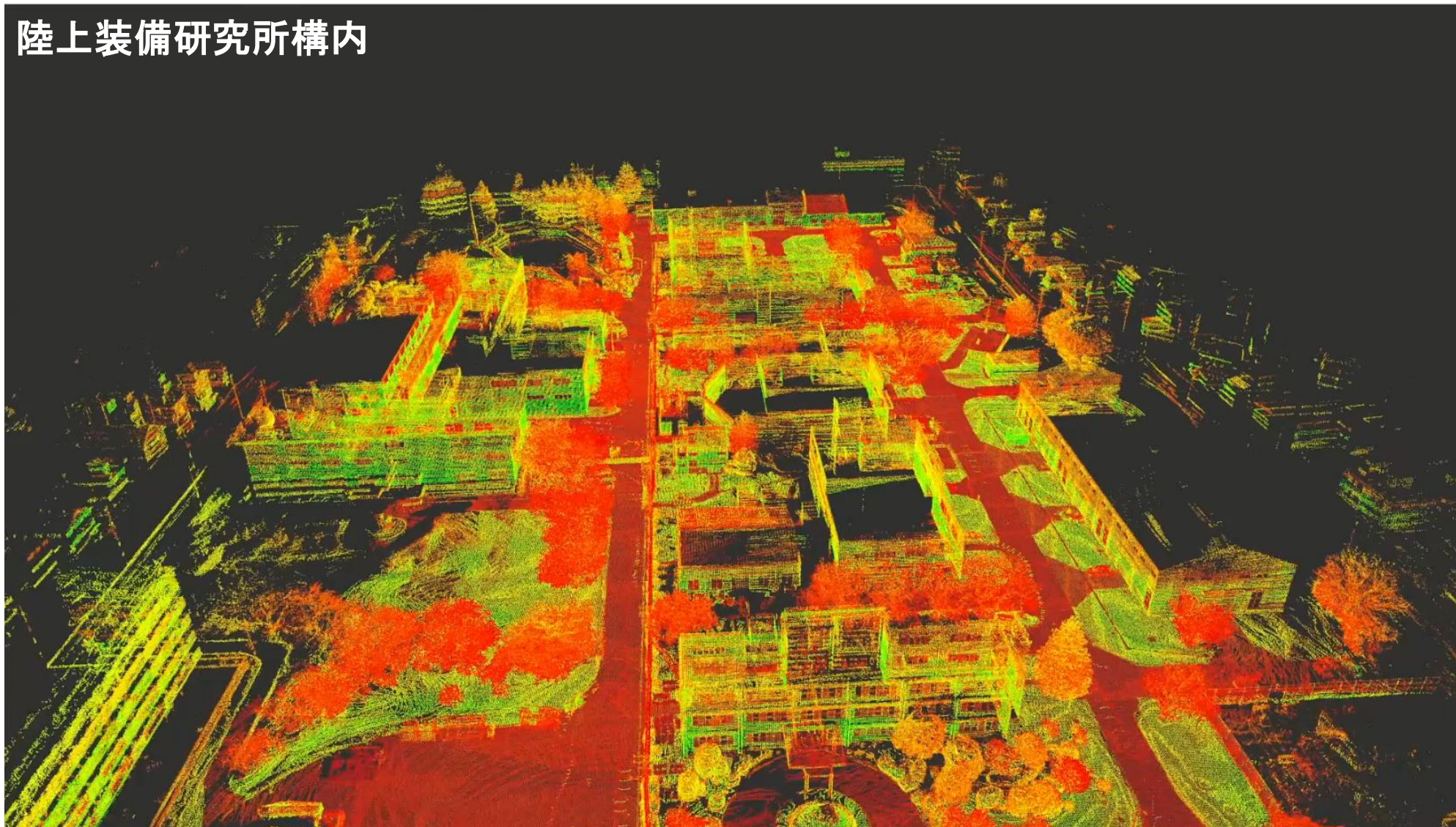
重複エリアを検出
重複エリアを逐次検出

地図を統合
地図を逐次修正

×10

S L A Mにより生成した3次元地図

陸上装備研究所構内



L i D A Rと赤外線ステレオカメラを併用したS L A Mの実行結果



ATLA
Acquisition, Technology &
Logistics Agency

まとめ

- 陸上装備研究所では、UGVの遠隔操縦及び自律化の研究を実施している
- 今後は、**無人戦闘車両システムの研究**において継続してUGVの研究を進めていくと共に、**日豪共同研究の成果**及び**民生技術**を取り入れ、迅速に自律化レベルを向上させ、UGVの早期装備化を目指している

無人戦闘車両システムの研究

- 有人車両から複数の無人戦闘車両をコントロールする運用支援技術や自律的な走行技術等に関する研究を実施

日豪共同研究 (2021年5月より開始)

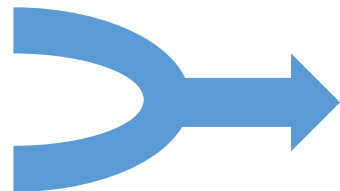
- 日豪それぞれが強みを有する技術を組み合わせ、GNSS情報や地図情報の無い状況における複数UGVの自律的行動に関して、様々な地形条件や障害・脅威条件でシミュレーションを実施することにより、将来的な実装を見据えた自律化技術の確立を図る



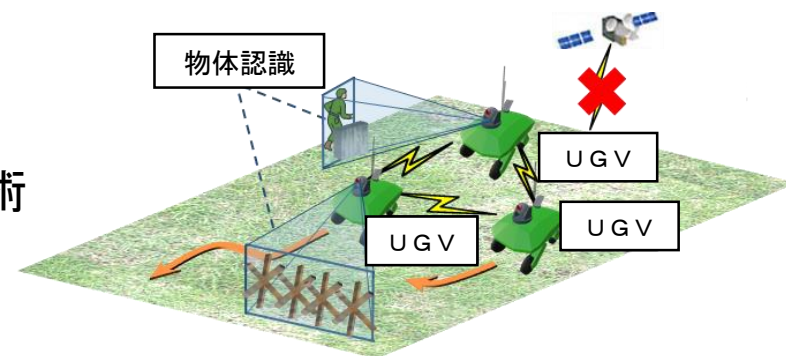
環境認識技術



協調車両制御技術



複数無人車両の自律化技術



日豪共同研究の概要

民生技術

- シミュレーション技術
- ROS (Robot Operating System) 等のミドルウェア