

# 講座紹介(2)

## i-Constructionシステム学のための 空間情報処理・ロボット技術

元画像



透視画像

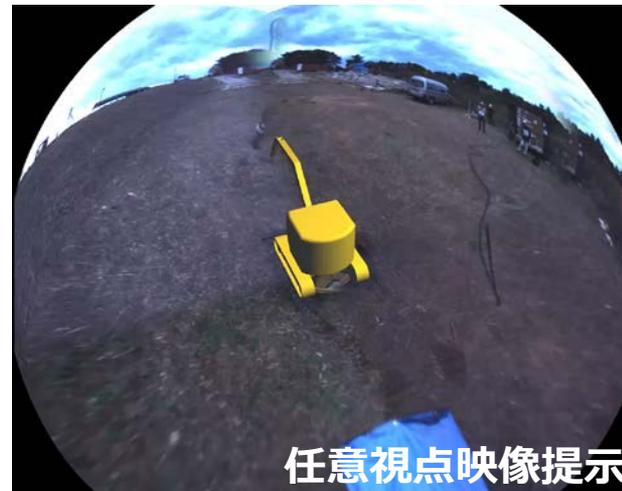


山下 淳 (Atsushi Yamashita)

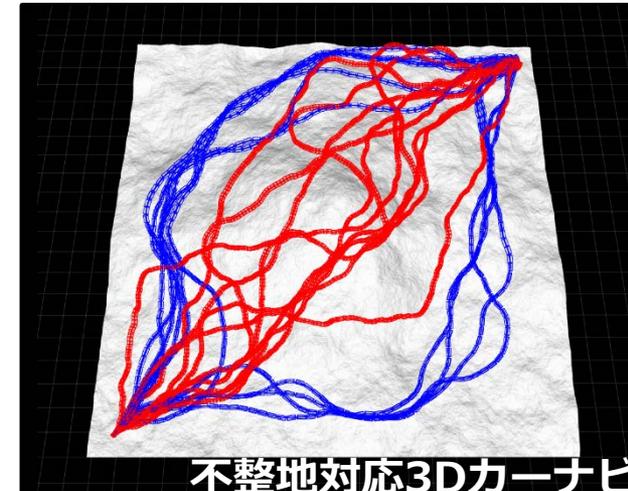
東京大学大学院 工学系研究科 精密工学専攻

yamashita@robot.t.u-tokyo.ac.jp

<http://www.robot.t.u-tokyo.ac.jp>



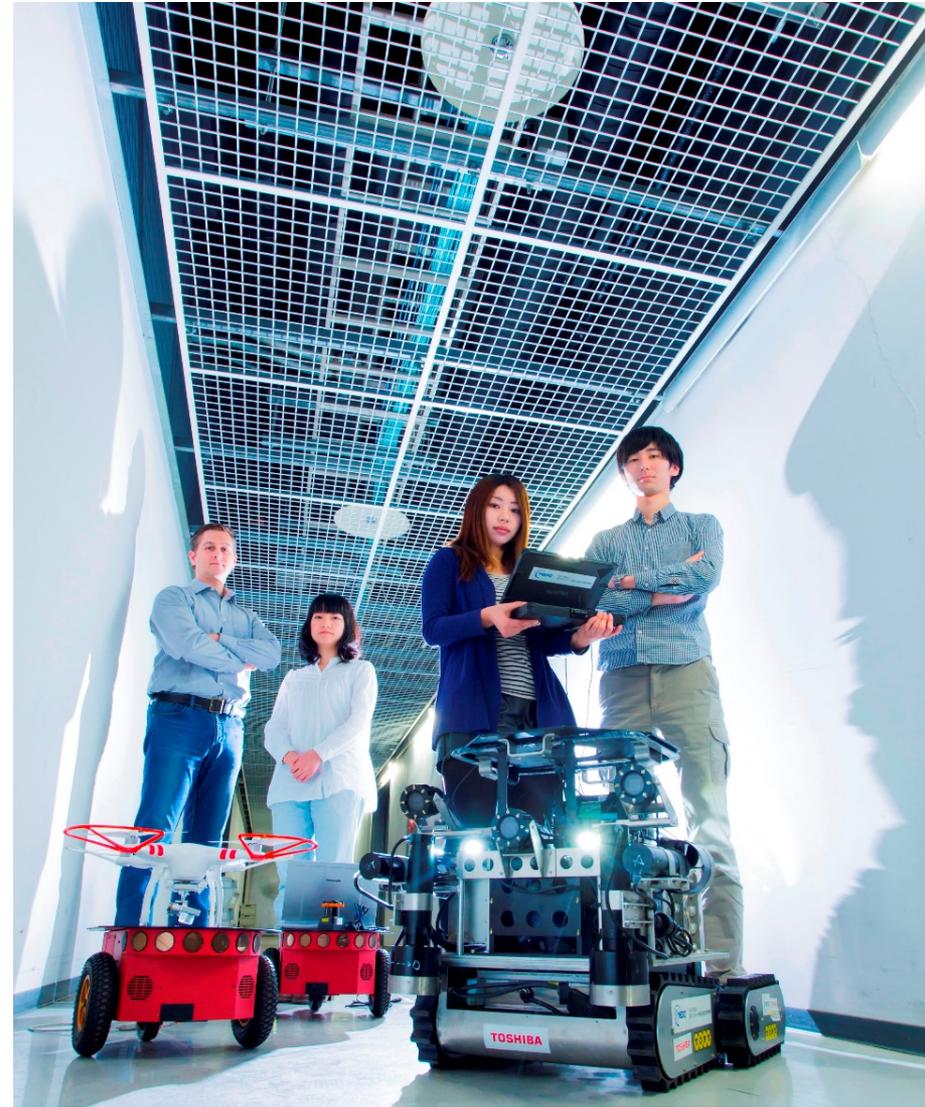
任意視点映像提示



不整地対応3Dカーナビ

# お話の内容

- 自己紹介
- i-Constructionの研究開発課題
- 計測
- 情報提示
- SLAM
- 動作計画
- おわりに



# 自己紹介

## ■ 氏名

山下 淳 (やました あつし)

## ■ 所属

東京大学大学院工学系研究科**精密**工学専攻・准教授

## ■ 連絡先・居室

yamashita@robot.t.u-tokyo.ac.jp

本郷キャンパス 工学部14号館 8階 827号室

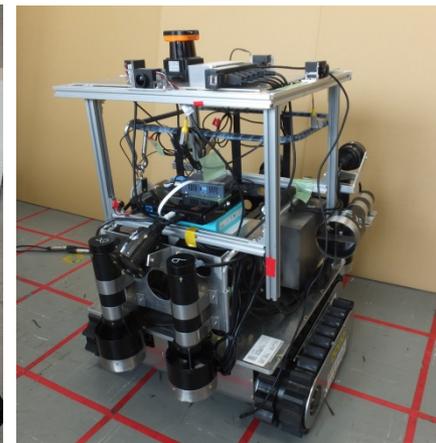
## ■ 専門

### 1. センサ情報処理

- 画像を用いた3次元計測
- コンピュータビジョン
- 画像処理

### 2. ロボット工学

- 動作計画
- 環境センシング



# Why 精密？

## ■ 精密機械

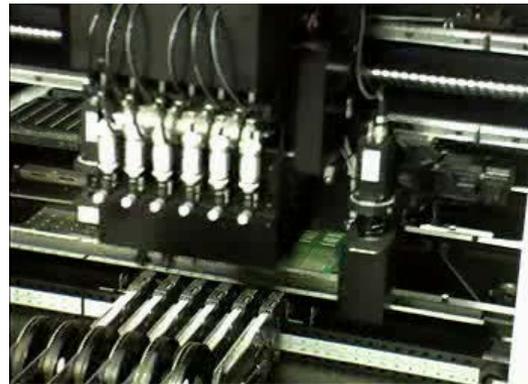
– 時計？ カメラ？

## ■ 精密工学のメインフィールド

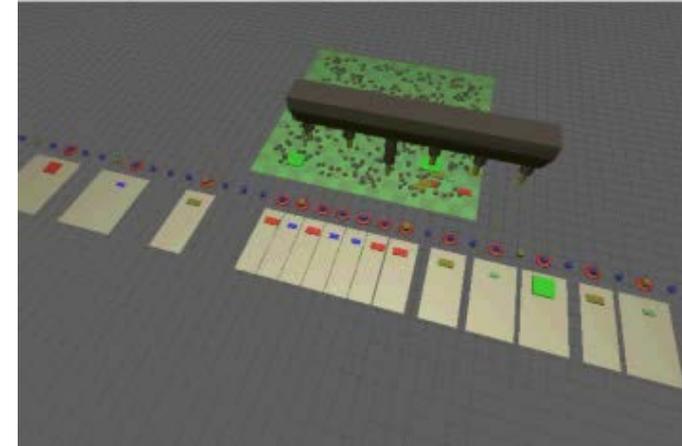
– 生産システム・生産技術



<http://www.ipulse.co.jp/>



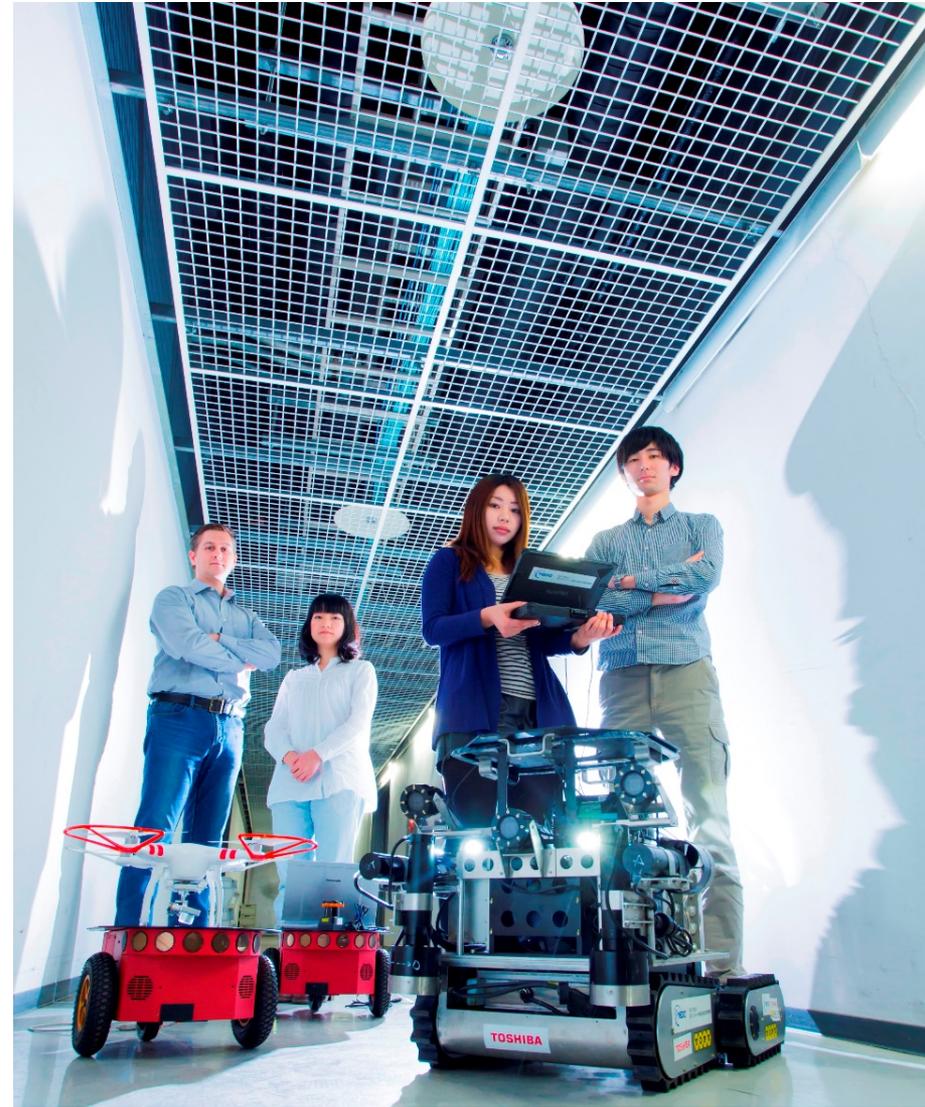
プリント基板への  
電子部品の配置



チップマウンタの動作生成  
(組立時間短縮)

# お話の内容

- 自己紹介
- i-Constructionの研究開発課題
- 計測
- 情報提示
- SLAM
- 動作計画
- おわりに



# 寄付講座の目的

- 社会インフラの建設企画・調査段階から維持管理・運用段階までのプロセスにおいて,
  - IT, IoT, 空間情報処理技術, ロボット化技術等  
を活用することで **山下の研究分野**
  - 生産性向上を図る **精密の研究分野**

ことが可能なiConstructionを実現するためのシステム開発を行う

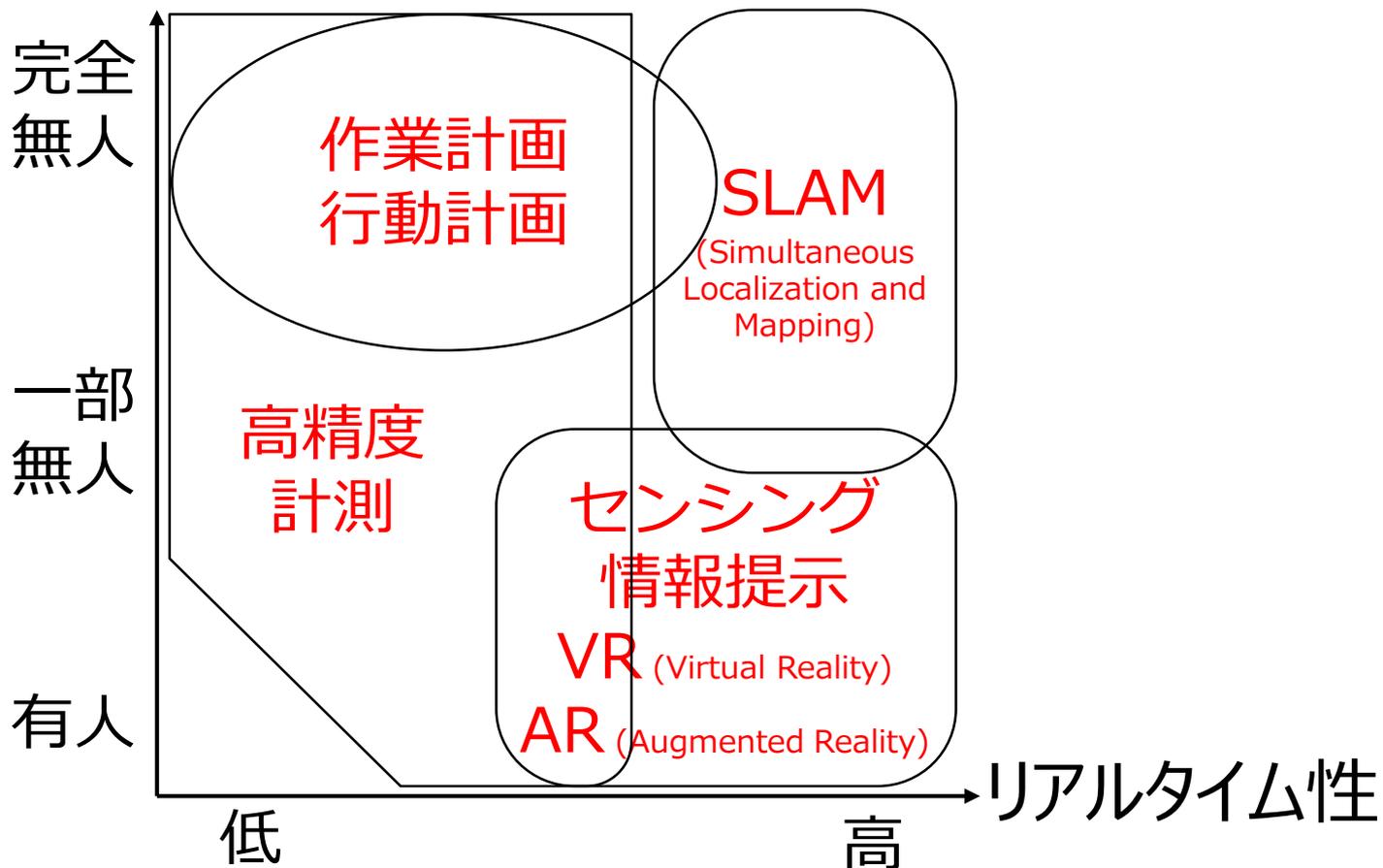
- そのシステムを実践するプロフェッショナルを育成するため, i-Constructionシステム学を構築する

# 建設現場の生産性向上

7

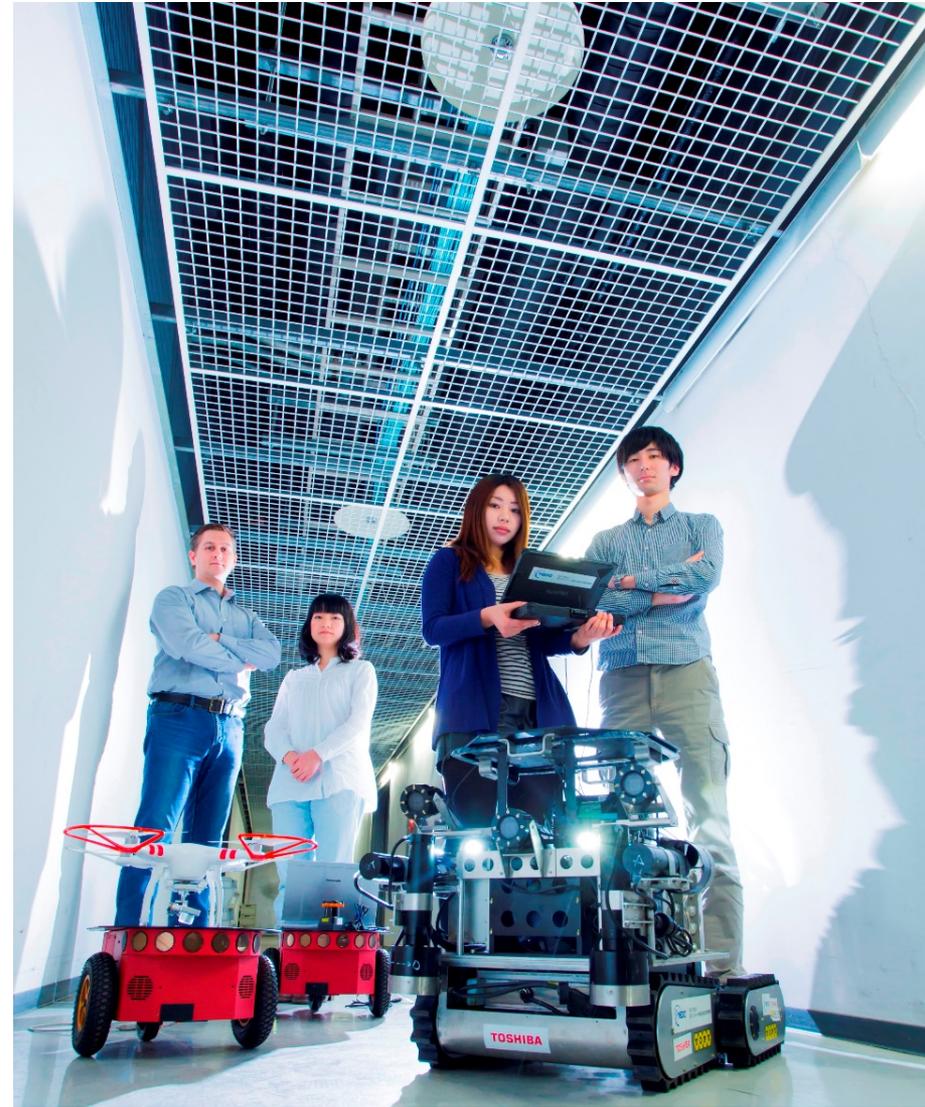
## ■ 空間情報処理技術・ロボット技術の活用

無人化の度合



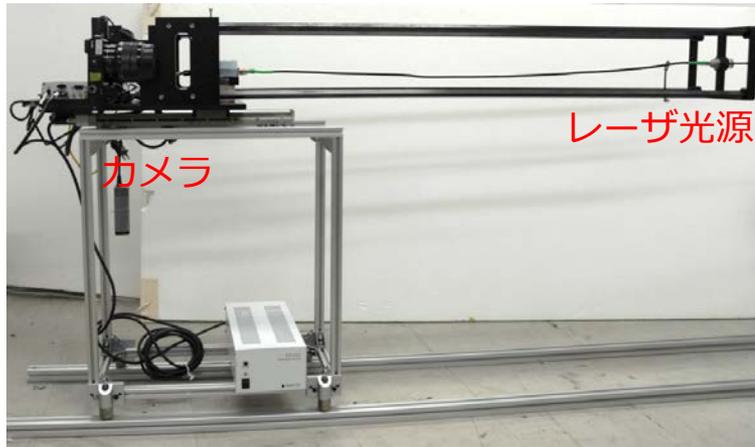
# お話の内容

- 自己紹介
- i-Constructionの研究開発課題
- 計測
- 情報提示
- SLAM
- 動作計画
- おわりに

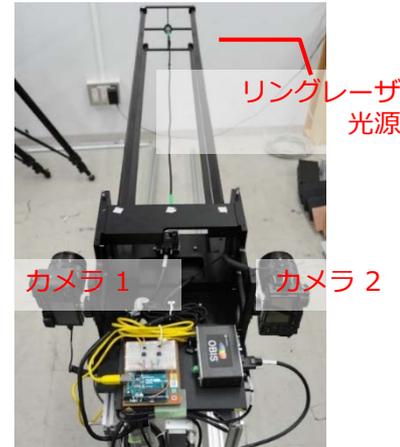


# 大型構造物計測

## ■ 光計測：光切断法とSfMによる高精度計測



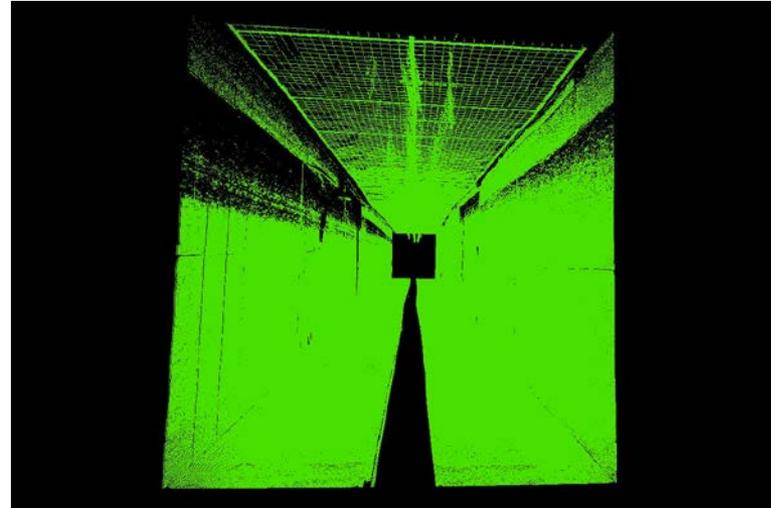
計測装置（側面図）



計測装置（上面図）



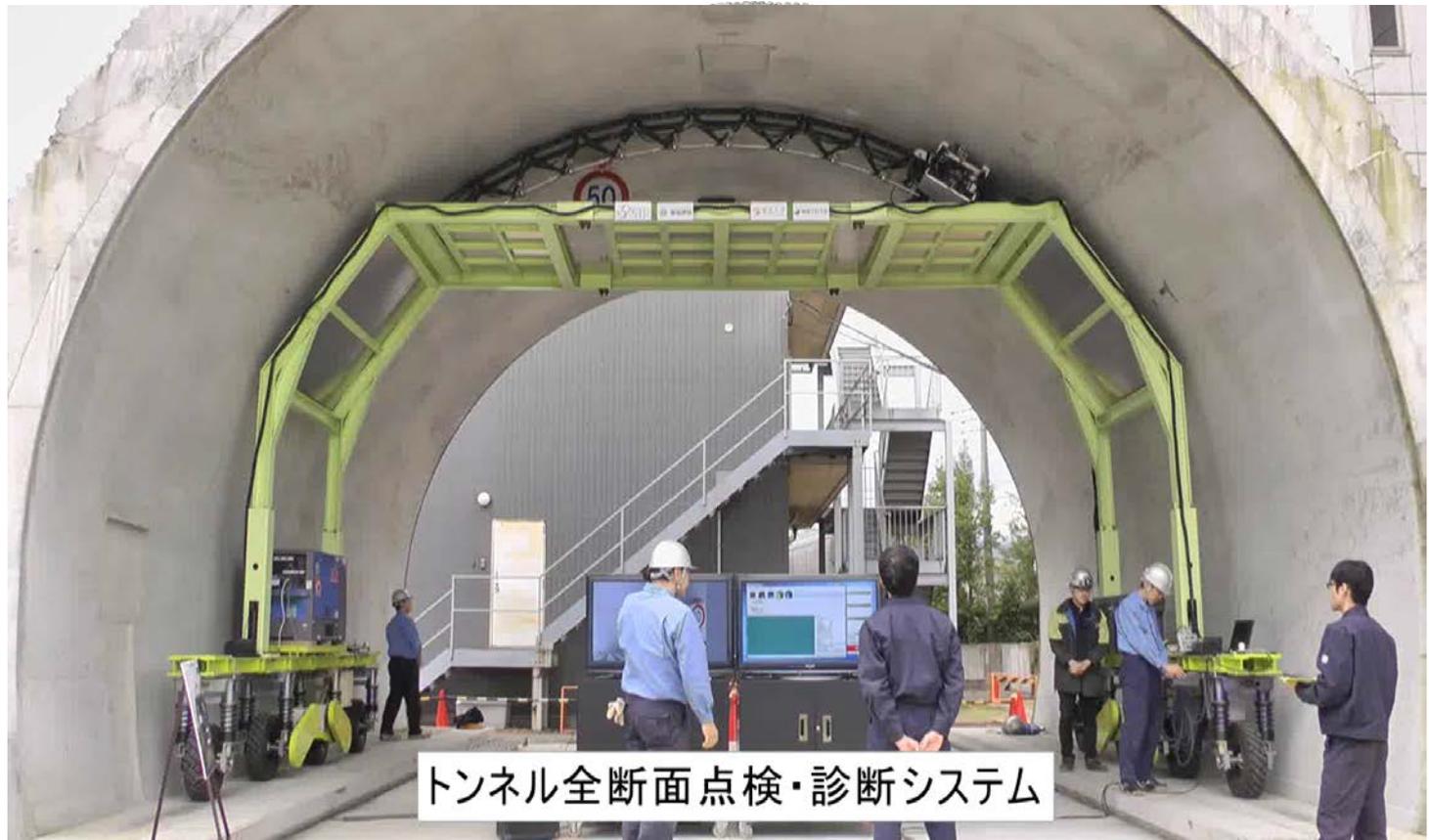
カラーフィルタ



# 構造物の内部計測

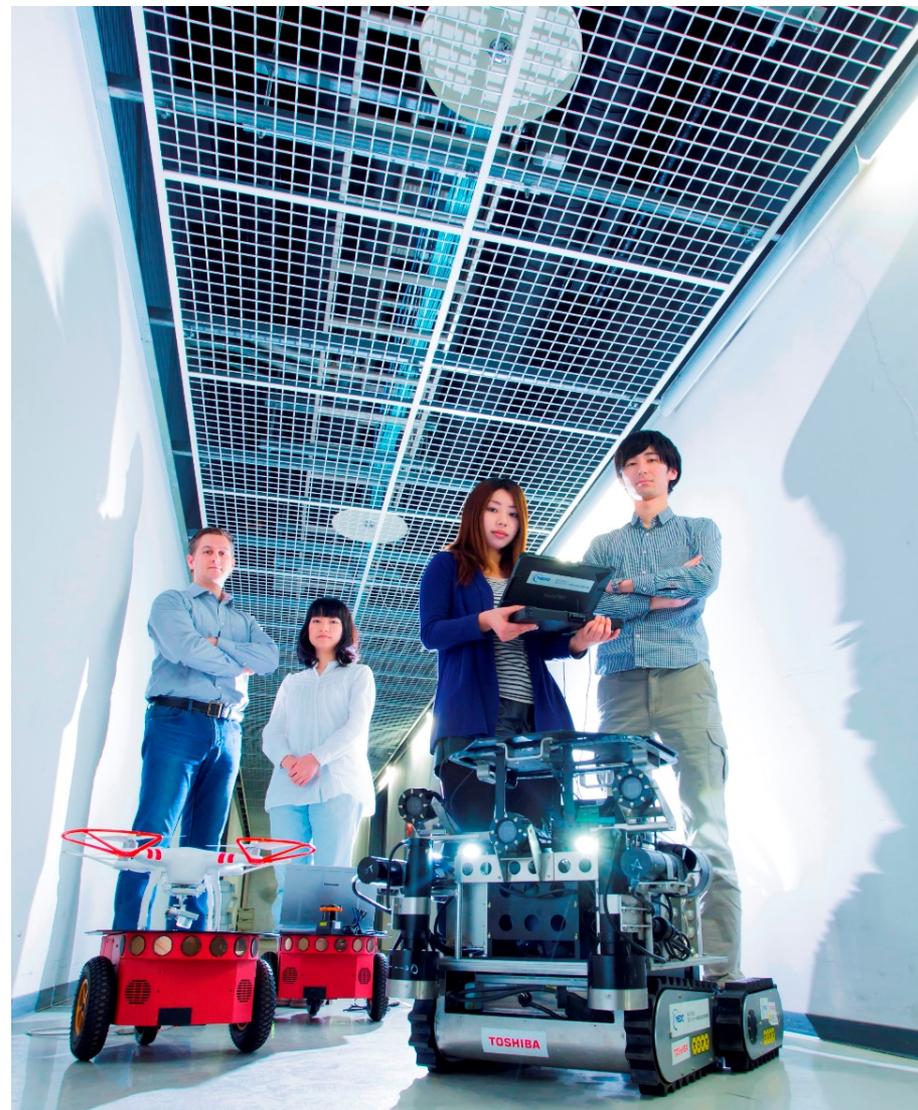
10

- 音計測：トンネル自動診断
  - 機械学習を用いた打音検査 



# お話の内容

- 自己紹介
- i-Constructionの研究開発課題
- 計測
- 情報提示
- SLAM
- 動作計画
- おわりに



# 任意視点映像 (1/3)

12

## ■ 建設機械のための俯瞰映像提示

- 建設ロボットに4台の広視野カメラを搭載
- 任意視点映像をリアルタイム提示



# 任意視点映像 (2/3)

13

## ■ 原発ロボットに搭載

- 三菱重工, IRID, 東  
京大学, 筑波大学



三菱重工 Super Giraffe



東日本大震災

除染ロボに「天の目」 福島第1原発投入へ 視野  
360度、障害物しっかり把握  
三菱重工 MEISTeR



東電が投入を予定しているのと同じ種類の  
ロボット=三菱重工業提供

東京電力福島第1原発の廃炉作業で、広範囲の状況把握ができる新型の遠隔操作ロボットの  
実証試験が来月にも始まる。周囲を360度見  
渡せる「俯瞰（ふかん）カメラ」や、三次元  
（3D）表示が可能になるレーザーを搭載した  
のが特徴。東電は性能を確認した上で、除染作  
業に活用する予定だ。

約30～40年かかるとされる同原発の廃炉  
作業には、原子炉建屋内に人が立ち入る必要が  
ある。そのため東電はロボットを使った除染を  
進めているが、散乱しているがれきなどの障  
害物を十分に把握できず、立ち往生してしまうト  
ラブルも多い。

そこで新型ロボットには、東京大、筑波大、  
国際廃炉研究開発機構（IRID）などが開発した俯瞰カメラを搭載。前後左右に取り付け  
た4台のカメラを使って、ロボットを中心に上から360度見下ろした画像を表示できるよ  
うにした。

最新の自動車にも取り入れられている技術で、IRID担当者は「視野が広がり、作業員  
が遠隔操作する際の『天の目』の役割を果たすだろう」と話す。

さらに、がれきや機器類の位置と距離をレーザーで計測し、その情報をカメラ画像に反映  
することで3D化する技術も取り入れた。【斎藤有香】

2015年9月21日 毎日新聞朝刊

2016年5月20日 日経産業新聞朝刊など

# 任意視点映像 (3/3)

14

- ブルドーザ遠隔操作の俯瞰映像提示
  - 外向情報 (環境) と内向情報 (建設機械) の同時把握



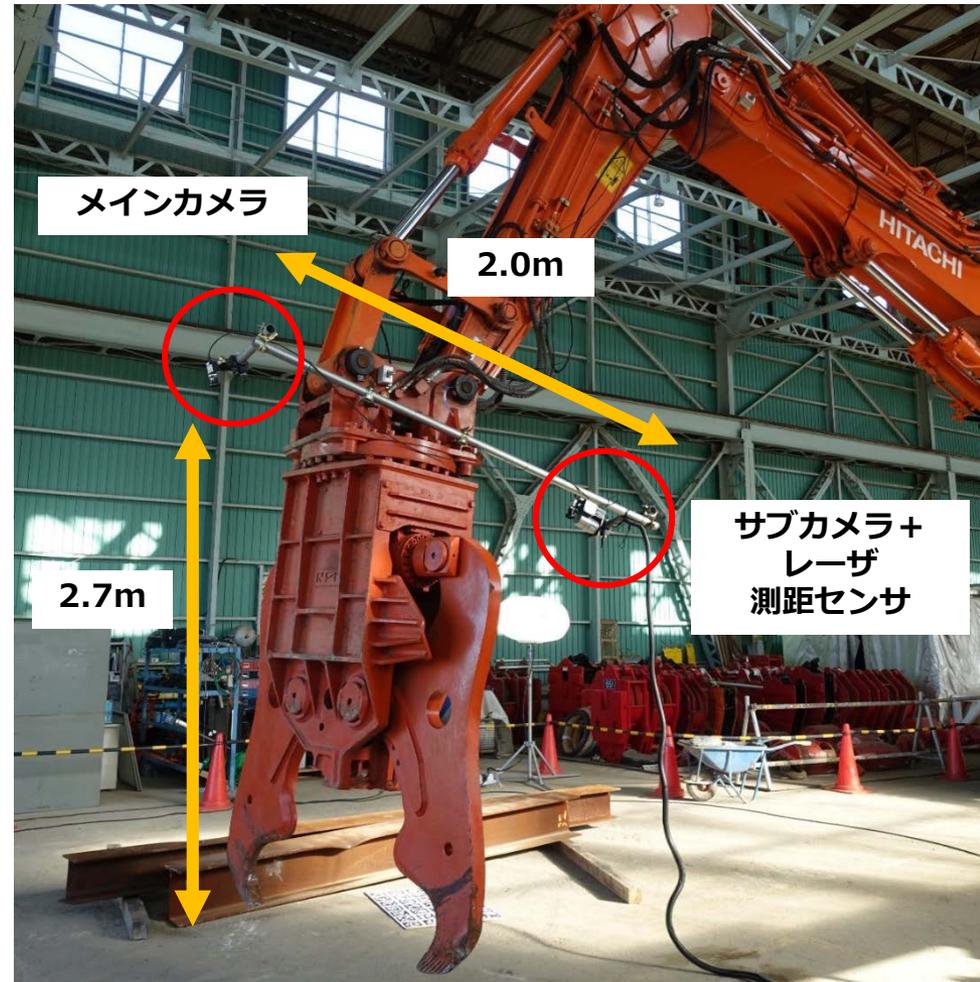
# 透視映像 (1/2)

## ■ 災害現場 (原発) でのがれき除去作業

作業対象物 (ガレキ) が  
死角になり見えない



アームに取り付けられた  
カメラによる映像

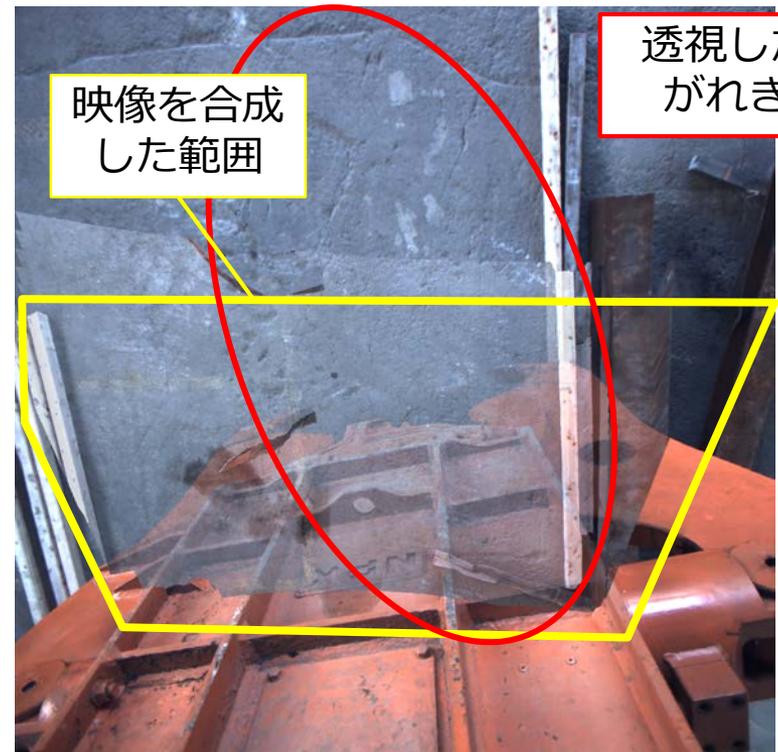


# 透視映像 (2/2)

## リアルタイム透視映像生成結果



合成前のカメラ映像



提案手法による透視映像

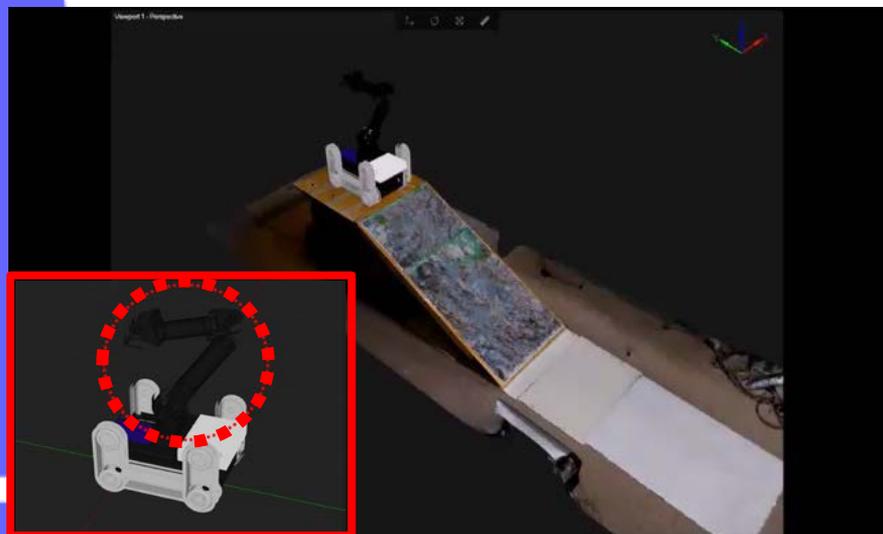
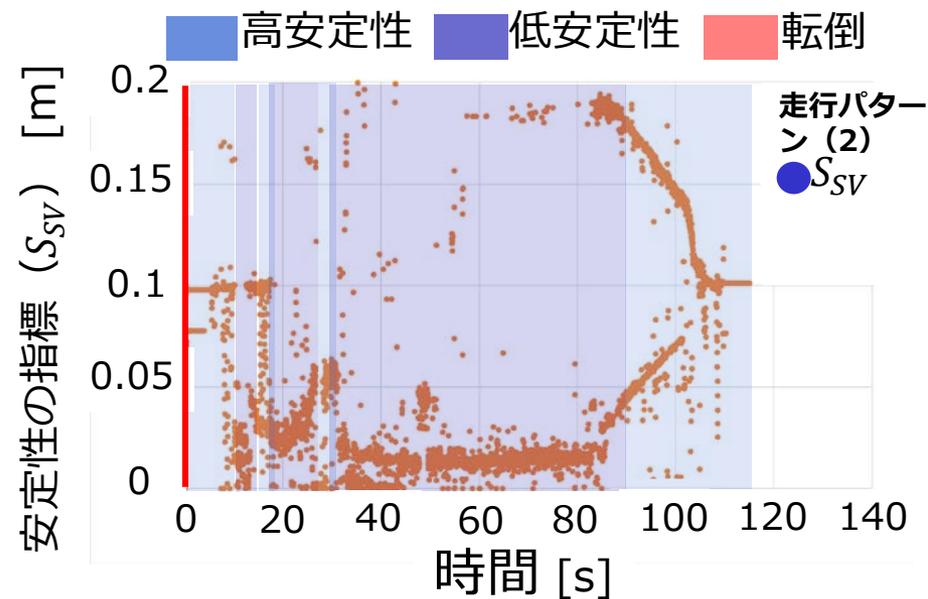
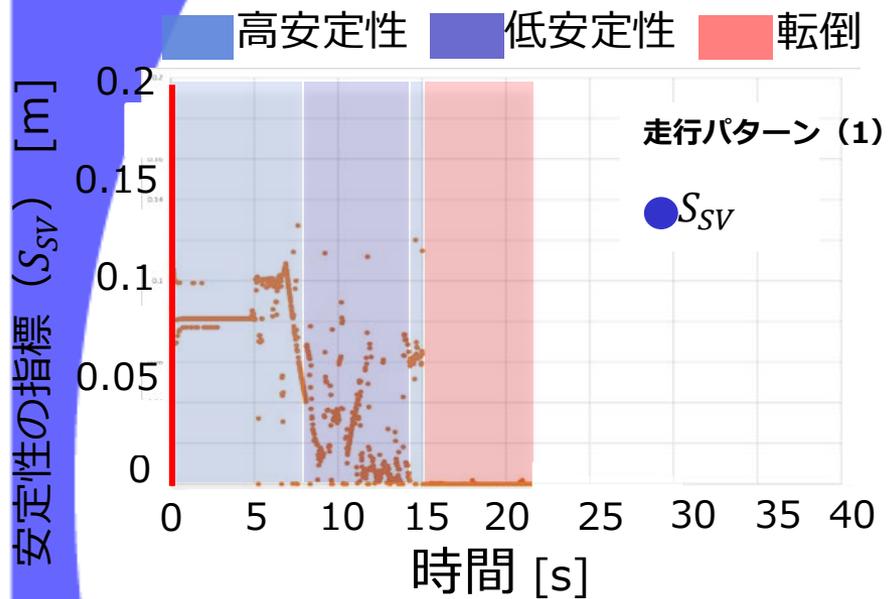
# 走行安定性推定 (1/2)

17

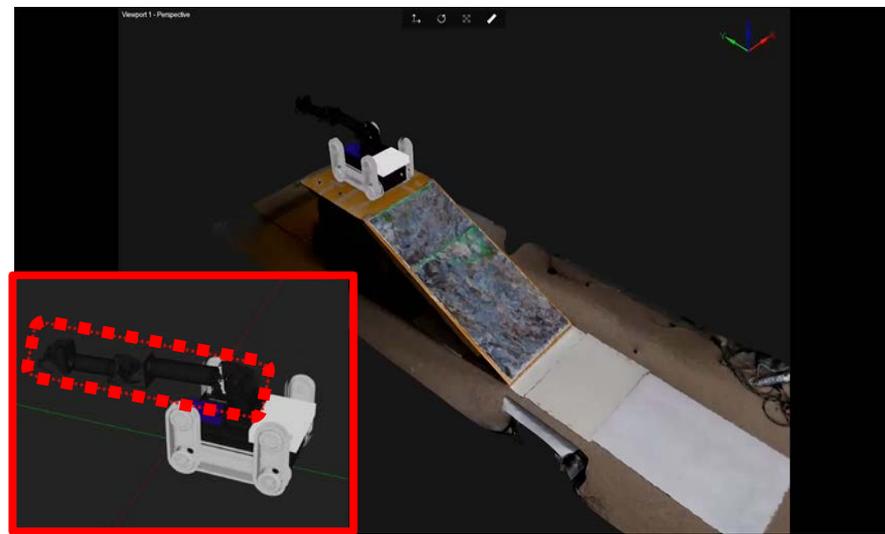
## ■ 遠隔操作における走行安定性提示

- 建設機械のオペレータ
- 遠隔操作時は、搭乗時よりも、転倒の危険を検知しにくい

# 走行安定性推定 (2/2)



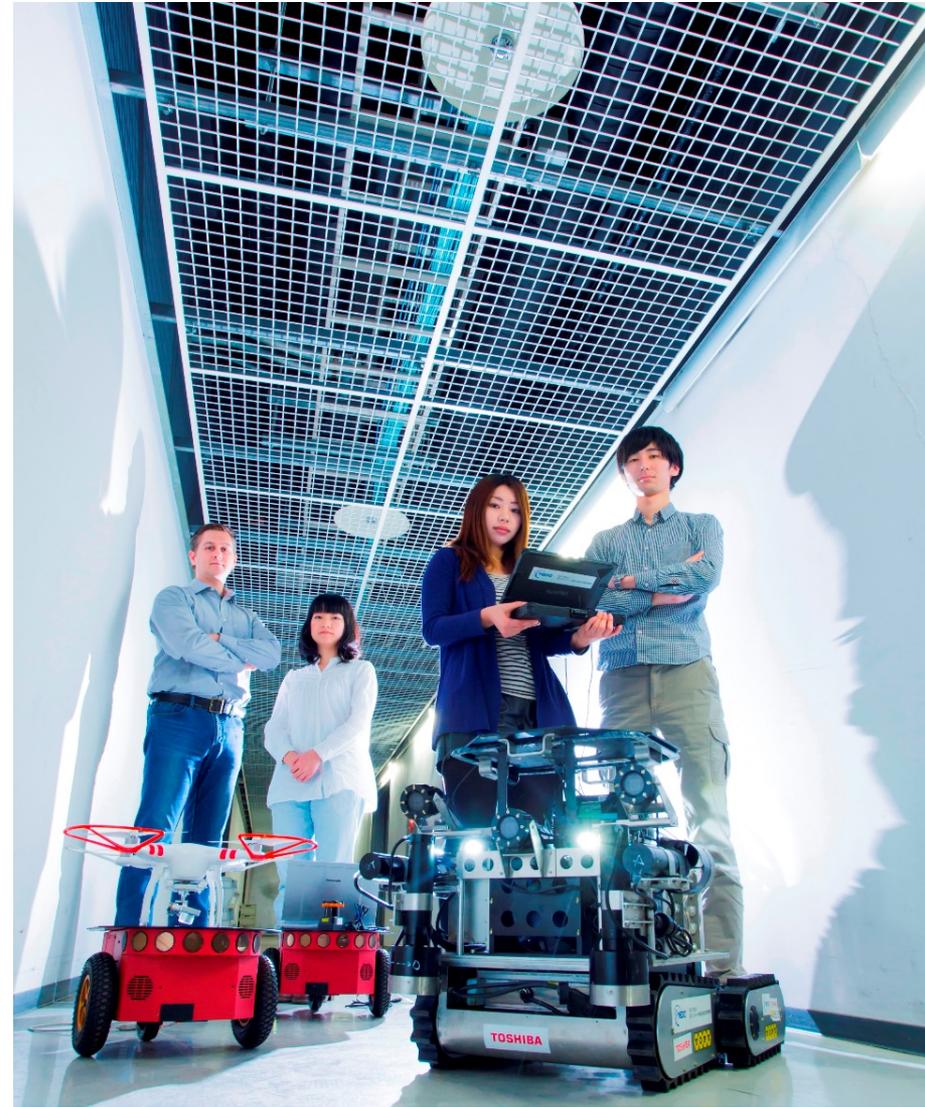
(2倍速)



(8倍速)

# お話の内容

- 自己紹介
- i-Constructionの研究開発課題
- センシング
- 情報提示
- SLAM
- 動作計画
- おわりに

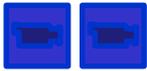


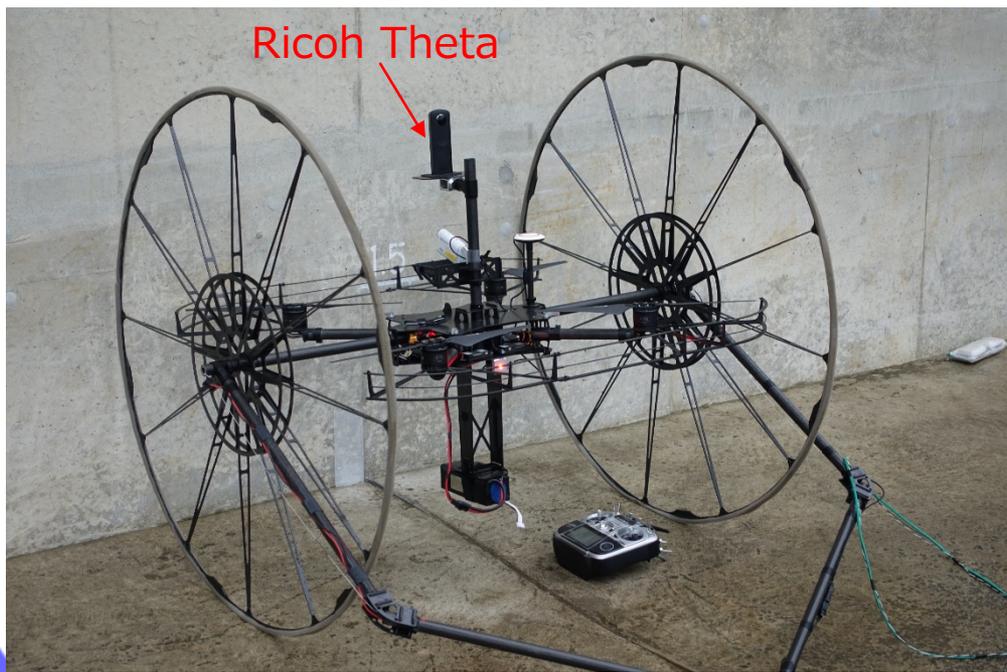
- RGBDセンサを用いた屋内環境でのSLAM  
– 移動ロボットによる地図生成と自己位置推定

## EKF SLAM with Vanishing Point and Learned Door Plates

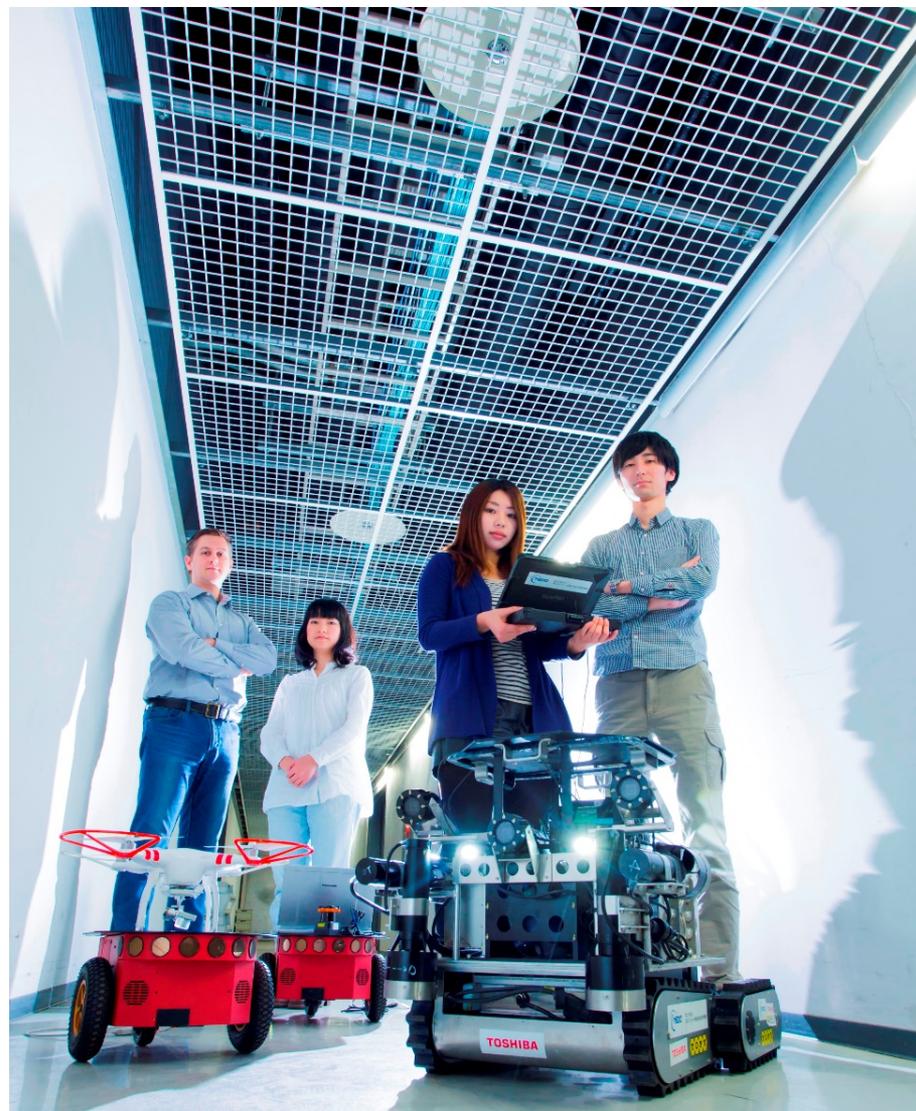
The University of Tokyo

## ■ ドローン搭載カメラ

- ドローンの自己位置推定
- 全天球映像を利用 
- Ricoh Theta



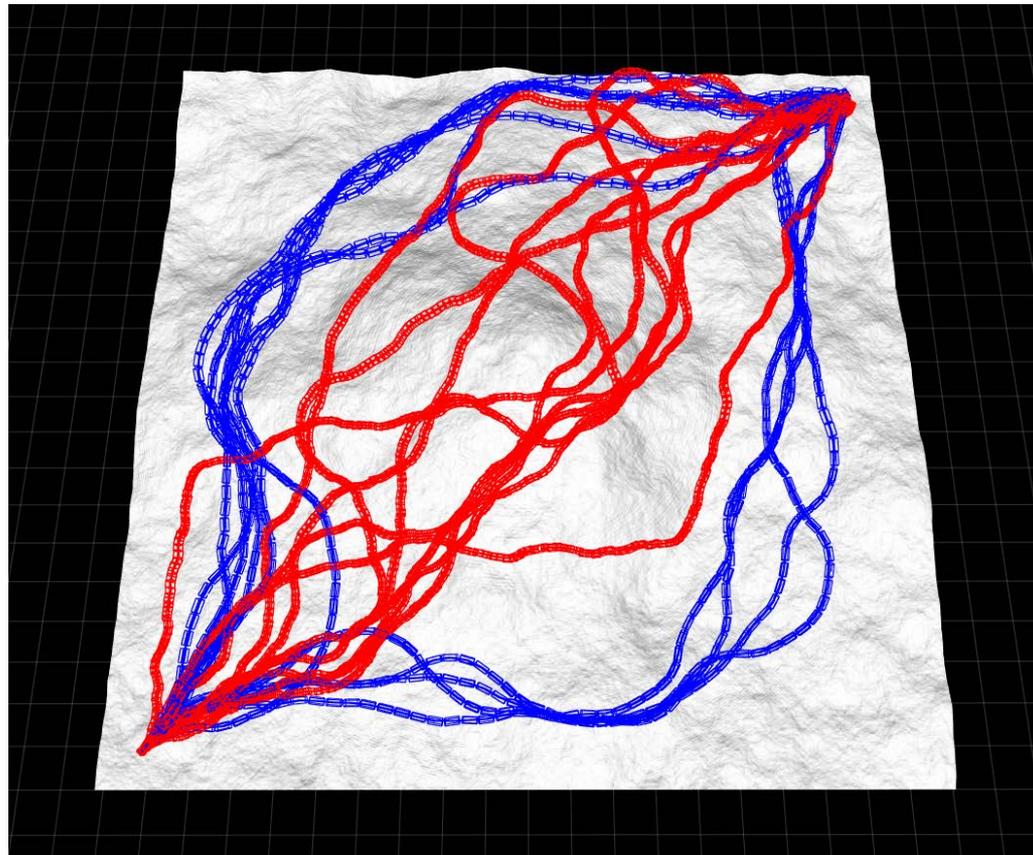
- 自己紹介
- i-Constructionの研究開発課題
- 計測
- 情報提示
- SLAM
- 動作計画
- おわりに



# 不整地移動ロボット

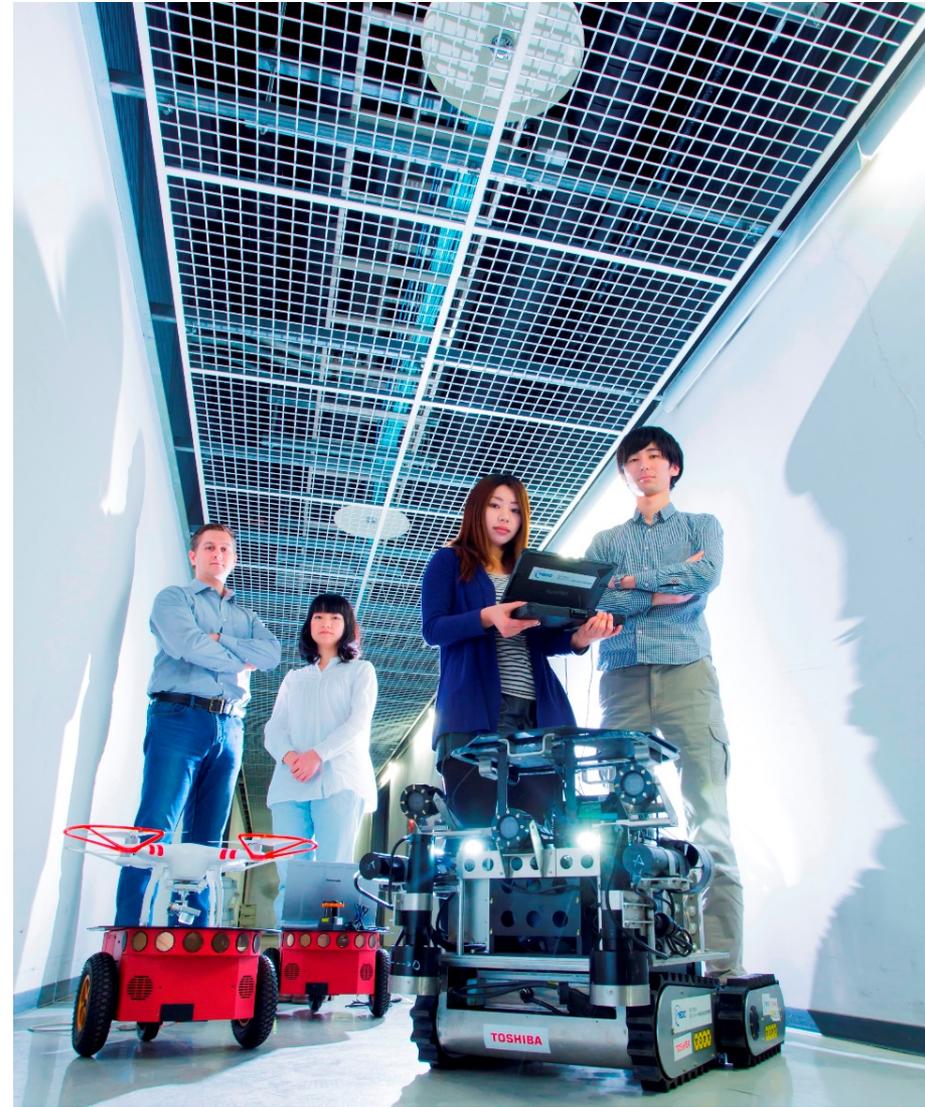
23

- ランダム探索に基づく経路探索 ■
- センサ誤差や実車の車両特性を考慮



# お話の内容

- 自己紹介
- i-Constructionの研究開発課題
- 計測
- 情報提示
- SLAM
- 動作計画
- おわりに



# 本日のお話のまとめ

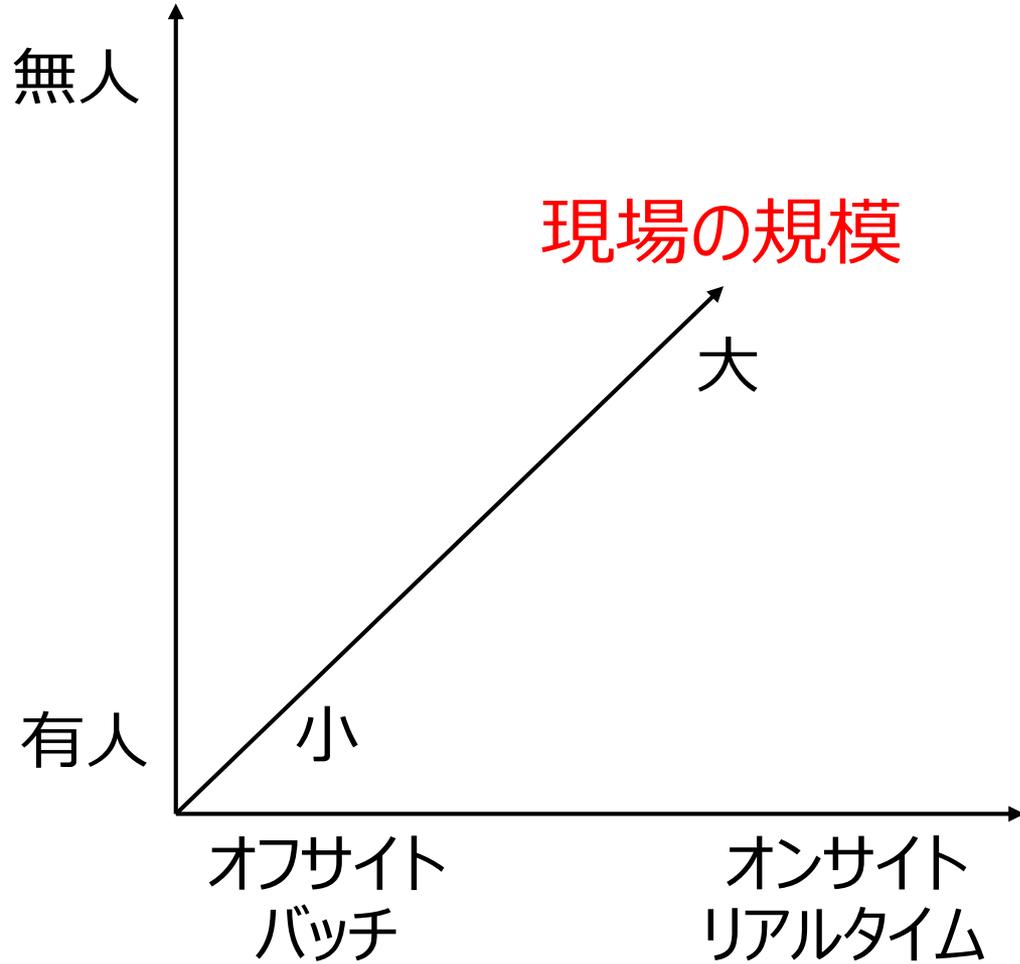
25

- 生産性向上を図る i-Construction
  - 空間情報センシング技術
  - 空間情報処理技術
  - ロボット化技術
- 建設現場でのリアルタイム処理 (サイバーフィジカル, Digital Twin)
  - リアルタイムセンシング
  - リアルタイム空間情報処理
  - リアルタイム計画・情報提示

# 空白地帯はどこか？

■ 既存技術で解決？ 新規技術で解決？

無人化の度合



計算場所  
計算時間

# 今後の研究開発課題

27

## ■ 全く新しい現場の創造

- 目的：施工計画そのものの革新
- 方法：新しい機械，計測，制御，材料，…が必要
- アプローチ：多分野の融合

## ■ エキスパートの技能の自動化

- 目的：普通の作業者・機械ではできない「超」計測
- 方法：ノウハウ・暗黙知に相当する機器の動かし方
- アプローチ：技能者のノウハウの計測・解析・実現

## ■ 屋内工場と建設現場の違い

- **不確実性** 精密の得意分野の生産技術を屋外へ
- **多様性** 次スライド

# 将来の建設現場への夢

28

- 無人工場のような建設現場を実現できるか？
- あるいは、無人工場とは全く別の新しい建設現場なのか？
- ご指導のほど、よろしくお願い申し上げます