

Seminar on retrofit technologies for autonomous mobile robot

2022.07.01

特別講座 #01

NEDO特別講座

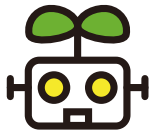
# 中小建設業ROS活用人材育成講座

特別講座とレトロフィット技術を利用した自動運転の概要

講演者 大野和則

所属 東北大学未来科学技術共同研究センター





# 受講生の皆様へのお願い



- 録画録音、配付した講座資料や開発環境やそのURLなどの無断共有、チャットでの誹謗中傷、参加者の情報公開は固く禁止させていただきます。発見した場合は直ちにご退場いただきます。

- セミナー中のzoomのお名前は、“お名前（所属）”にしてください。  
※オンライン講義を運営するFIELD AND NETWORKの方が受講者を確認するのに利用いたします。

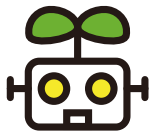
- セミナーの記録を残すために講座運営側で録画いたします。

- セミナー中はカメラをONにして参加して下さい。講演者が受講生の様子を見ながら話の内容を調整するのに利用いたします。

※講演者、受講生以外の講義運営メンバー（裏方）はカメラをOFFにして参加する場合があります。



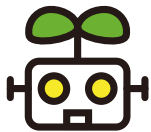
- セミナー中はご発言の時以外はマイクをミュートにしてください。ご発言の時はマイクをONにしてご発言をしてください。



# 内容

---

- 自己紹介
- NEDO特別講座の概要
- レトロフィット技術を利用した大型ダンプトラックの土砂運搬の自動化の概要
- ROSとは？
- 来週までの宿題：実習環境のセットアップとROSの基礎知識の勉強



Seminar on  
Retrofit  
Technologies  
for Autonomous  
Mobile Robot

# 大野の略歴

- 1995.4～2004.3 筑波大学  
工学研究科卒業 博士（工学）の学位取得  
**「自律移動ロボットの屋外ナビゲーション」**
- 2004.4～2005.3 神戸大 C O E  
安全と共生のための都市空間デザイン戦略  
**「レスキューロボット」**
- 2005.4～ 東北大学 助教・講師・准教授  
特任教授（研究）  
**「自律移動ロボットの知能」**  
**「レスキューロボット」**
- 2019.6～ 東北大TCPAIフィジカル部門長



画像認識で歩道沿い走行

Outdoor navigation for a mobile robot  
based on GPS and odometry

Intelligent robot lab.  
Univ. of Tsukuba

Jun, 2004

<http://www.roboken.esys.tsukuba.ac.jp/~kazunori/>

GPSベースのナビゲーション



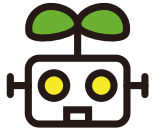
3D structure of walkway environment  
in University of Tsukuba

constructed by LRF, RTK-GPS and Odometry

Oct 19, 2003

<http://www.roboken.esys.tsukuba.ac.jp/~kazunori/>


LRFとGPSによる地図構築 4

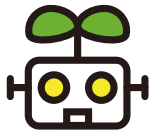


Seminar on  
Retrofit  
Technologies  
for Autonomous  
Mobile Robot

# 大野の研究の興味

---

センシング + 動き = 人 



# タフなロボットの自律制御や知能の開発

## 災害対応/インフラ検査など極限環境で使えるタフなロボット技術

### 1. 過酷環境における自動運転



TMEJ雪・凍結に頑健な屋外無人搬送車

建機の自動化

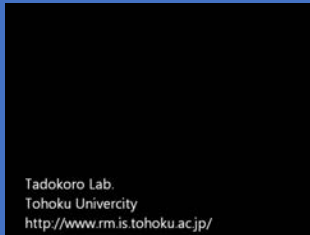
### 2. レスキューロボット： 災害対応クローラロボットの 遠隔/半自律/自律制御



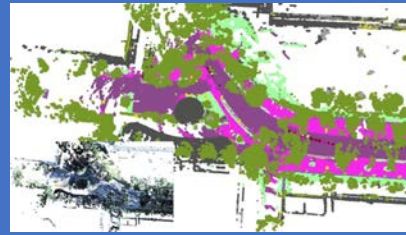
コンビナート火災用消防ロボット

### 5. 空間認識・知能化

ヘテロデータからベイズ推定や  
機械学習の仮説検証で知を創成



SLAM



セマンティック地図



被災した福島第一原発内の調査

### 3. インフラ点検 ドローン： 高所狭隘空間の搜索



高所狭隘空間で近接撮影



受動回転球殻ドローン

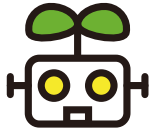
### 4. サイバー救助犬： イヌの搜索をRTで 可視化/制御



被災者搜索の可視化



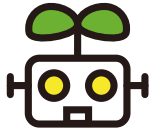
光刺激でイヌの行動誘導



# 参加者の皆さんの自己紹介

---

名前、所属、意気込みや役割など

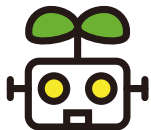


# 内容

---

- 自己紹介
- **NEDO特別講座の概要**
- レトロフィット技術を利用した大型ダンプトラックの土砂運搬の自動化の概要
- ROSとは？
- 来週までの宿題：実習環境のセットアップとROSの基礎知識の勉強





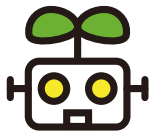
# NEDO特別講座

## • 趣旨

- 中小建設業ROS活用人材育成講座は、業務に活かせる高度な人工知能の習得と、自動化技術の社会実装を目指して、最先端の知能化ソフトの開発や活用を、座学・実技を通じた講義で基礎から応用/実践レベルまで学びます。
- 建設業の技術者や製品・ソリューション開発者が更なる技術力を身につけるため、これから技術職を志す学生がより深く学びを得るための講座です。

## • 特徴

- NEDO次世代人工知能システムインテグレートPJや大学の研究を通して開発したROSベースの知能化ソフトウェアやシミュレータを利活用
- 建機や移動ロボットの自動化に興味がある企業や学生を対象に講義や演習を実施し、知能化ソフトやROSやAIに関する知識を有する人材を育成
- 定期的に周辺技術の研究の講演会や現場適応を考える企業との意見交換を開催して、人的交流の促進や新たな研究テーマや適応先の開拓



# NEDO特別講座でやりたいこと

東北大学未来科学技術共同研究センターを中心に開発した成果を紹介しながら、ROSを利用した智能化ソフトや自律化の知識を持つ人材を育成！

大学やNEDO PJの  
先端研究成果の普及



ROSを利用した智能化ソフトや  
自律化の知識を持つ人材育成



新しい研究の  
創出



## 研究開発拠点（東北大学未来科学技術共同研究センター）

### 智能化ソフトや自動化の講師の招集

- ・ 先端技術や知識を持つ研究者
- ・ ROSや智能化ソフトウェア開発に従事する研究者



### 人材育成と研究開発支援

- ・ 講義や演習やアイデアソン



### 智能化ソフト開発のノウハウとオープンソース

- ・ 災害対応、インフラ点検ロボット開発の実績
- ・ 大型ダンプトラックの自動化の実績



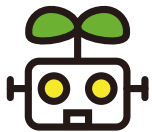
## 自動化の社会ニーズと課題

各社の自動化ニーズが豊富に存在



智能化ソフトの知識を持つ人材不足



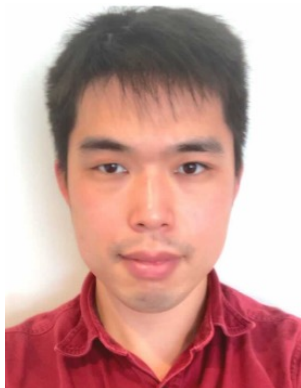


Seminar on  
Retrofit  
Technologies  
for Autonomous  
Mobile Robot

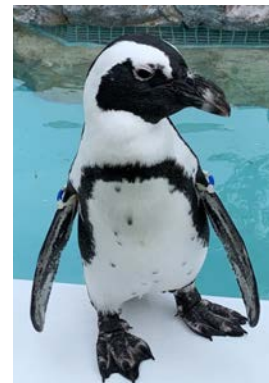
# 講師紹介



大野和則  
東北大学



小島匠太郎  
東北大学



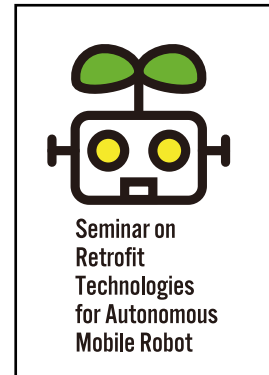
川下彩夏  
三洋テクニックス



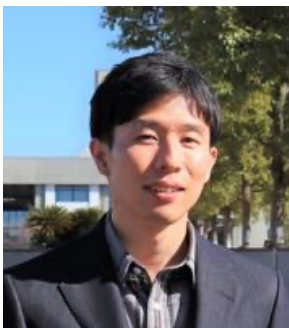
鈴木太郎  
千葉工業大学



宮本直人  
東北大学



綿貫肇  
コーワテック



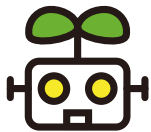
赤井直紀  
名古屋大学



Thomas  
Westfechtel  
東京大学

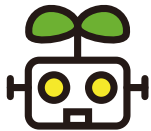


鈴木高宏  
東北大学



# 全7回の講義日程（6回オンライン、1回オンサイト）

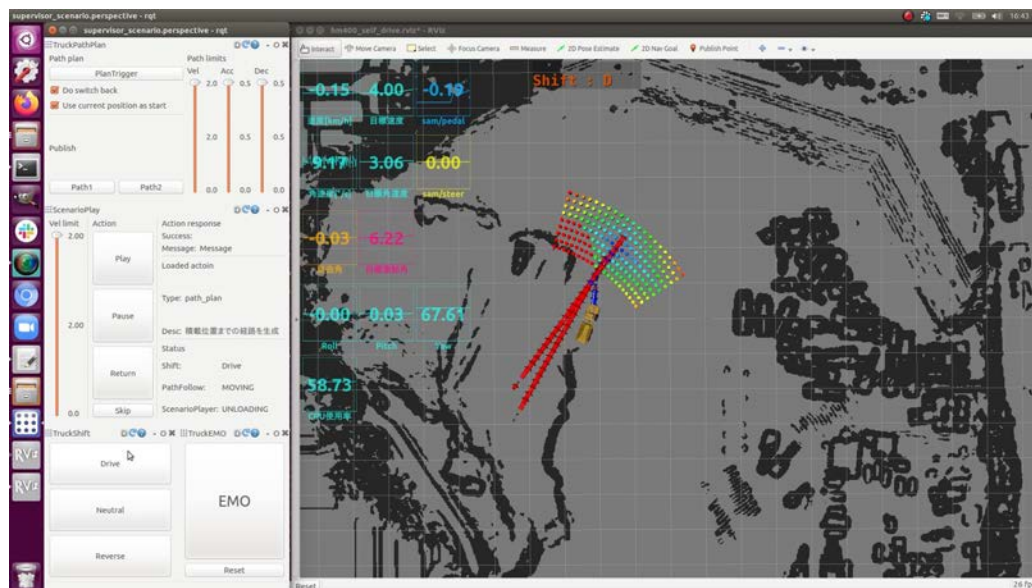
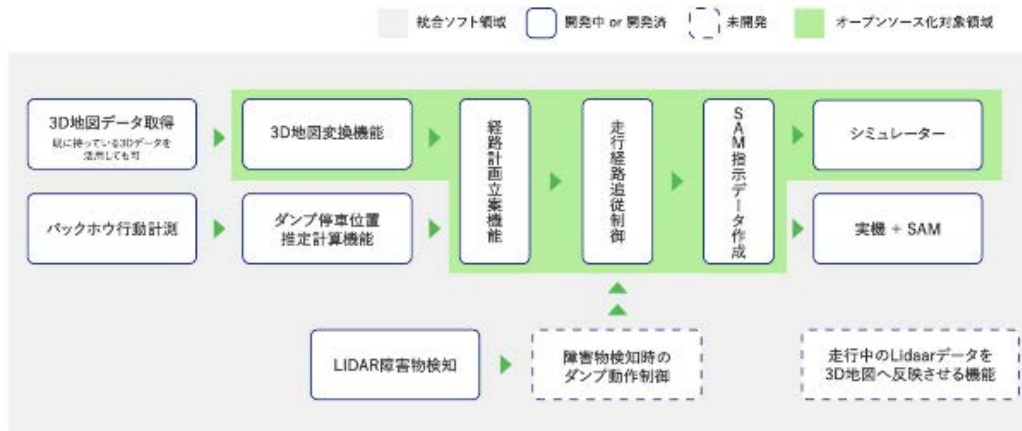
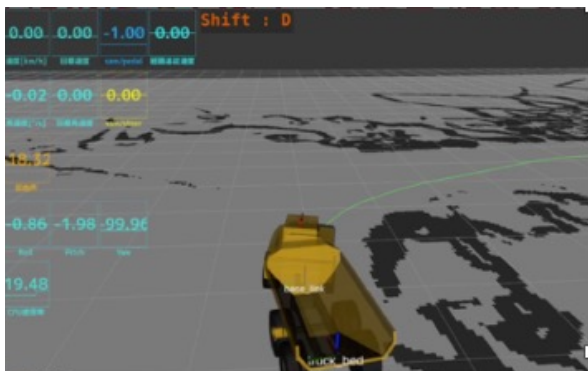
1. 2022年7月1日(金) 16:00～17:30 **大野和則**  
後付運転ロボットやAIを利用した大型ダンプトラックの自動運転を題材に、自動化に必要な技術の概要を紹介
2. 2022年7月8日(金) 16:00～17:30 **小島匠太郎 実習**  
シミュレータを利用した大型ダンプトラックの自動運転の実習と智能化ソフトウェアやROS利用の理解の深化
3. 2022年7月15日(金) 午前中 宮城県大崎市フィールド **オンサイト**  
三本木フィールドで実際のダンプトラックを利用した自動運転を見学
4. 2022年7月22日(金) 15:00～18:00 **鈴木太郎、綿貫肇**  
GNSSやLiDARを用いた3次元計測や位置推定の仕組みの理解  
後付運転ロボットSAMを利用した自動運転の理解
5. 2022年7月29日(金) 15:00～18:00 **宮本直人、小島匠太郎**  
GNSSやIMUを利用した移動体や人の動きの計測の仕組みの理解  
地図を利用した経路計画、経路追従制御、障害物回避の仕組みの理解
6. 2022年8月4日(木) 16:00～17:30 **赤井直紀、鈴木高宏**  
最新の研究を勉強しつつ、学んだことをベースに自分たちでやってみたいことを議論する①
7. 2022年8月5日(金) 16:00～17:30 **Thomas Westfechtel、鈴木高宏**  
最新の研究を勉強しつつ、学んだことをベースに自分たちでやってみたいことを議論する②

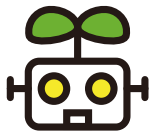


# 実習：シミュレータを利用した自動運転

- ご自身のPCにシミュレータをインストールして開発を体験※
- Windows PC, WMWare Player、開発環境イメージ

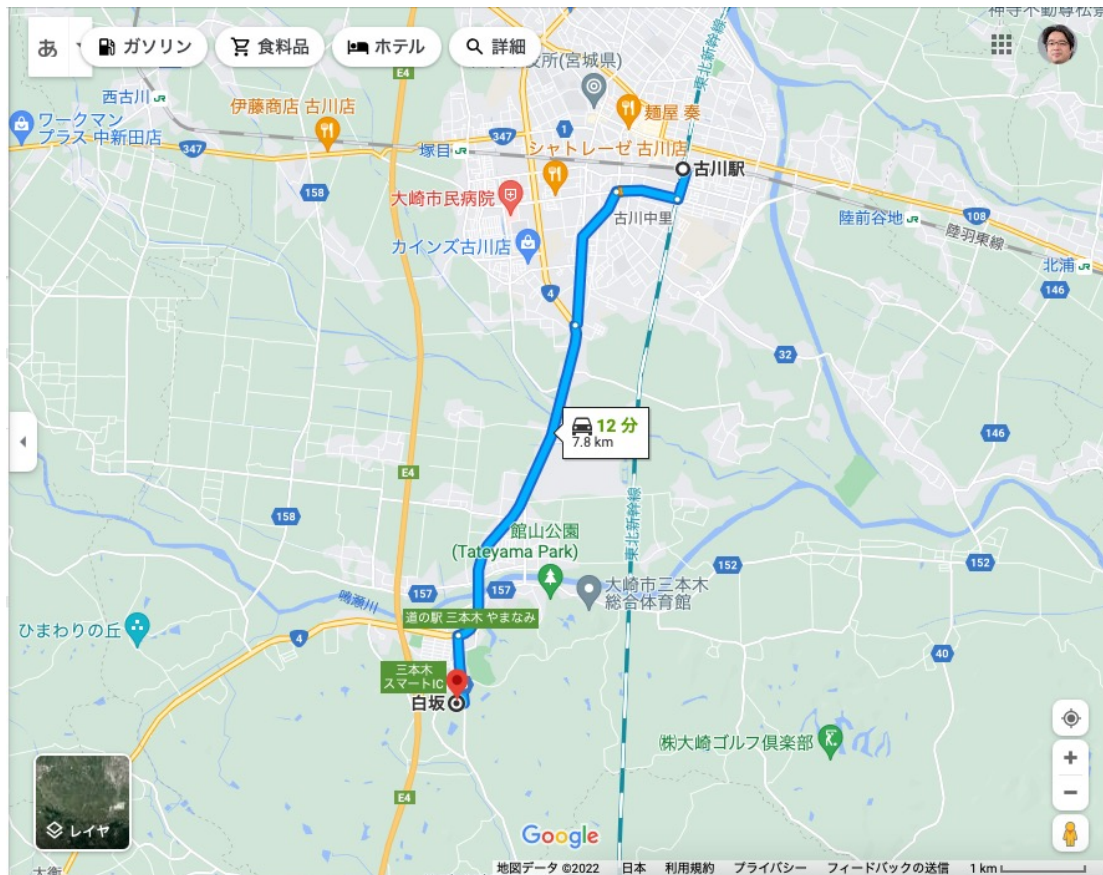
※下記の緑の部分の利用した自動運転開発を体験





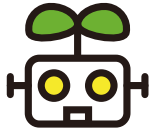
# オンサイト：自動運転見学会

## 3. 2022年7月15日(金) 午前中 宮城県大崎市フィールド **オンサイト** 三本木フィールドで実際のダンプトラックを利用した自動運転を見学



Google mapで古川駅から目的地までの検索結果

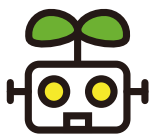
- 参加に必要な費用（交通費、食事代など）は参加者の自己負担
- 想定人数：10名程度
- アクセス方法：
  - 東北新幹線古川駅下車
  - レンタカー移動
- 当日の服装
  - 汚れても良い格好
  - ヘルメット、安全長靴
- 三本木フィールド所在地：  
38.512947, 140.936561
- 雨天中止：前日12時の天気予報を見て決定



# 内容

---

- 自己紹介
- NEDO特別講座の概要
- **レトロフィット技術を利用した大型ダンプトラックの土砂運搬の自動化の概要**
- ROSとは？
- 来週までの宿題：実習環境のセットアップとROSの基礎知識の勉強



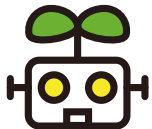
Seminar on  
Retrofit  
Technologies  
for Autonomous  
Mobile Robot

# ロボット技術と人工知能を活用した地方中小建設現場の 土砂運搬の自動化に関する研究開発

委託先：東北大学、佐藤工務店、千葉工業大学  
再委託先：三洋テクニクス、コーワテック







# 研究開発の背景・狙い

## • 土木建設分野は作業の自動化のニーズが高い！

- 作業の担い手の減少(ピーク時の3割減)
- 作業の担い手の高齢化 (55歳以上34%、29歳以下11%)

※国土交通省調査結果

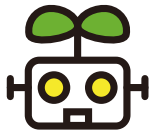
## • 一方、94%を占める中小事業者が自動化を行うには障害が存在！

- 中小事業者は投資余力が少ない
- 自動化専用の建機の新規購入は極めて困難
- 建機レンタルの会社は自動化専用機を保有していない

## • 本研究開発の狙い！

- 市場に豊富に存在する既存の建機を利用した自動化を提案
- レトロフィットで既存の建機を自動化、中小事業者の現場に提供





# 研究開発の目的・効果

**目的：**人間が操るバックホウと連携して土砂を運搬する積載量30tを超える大型ダンプトラックの自動化

**効果：**人手不足解消、コスト削減、工期短縮、省エネ、CO2削減

**アプローチ：**レトロフィットによるICT化・ロボット化

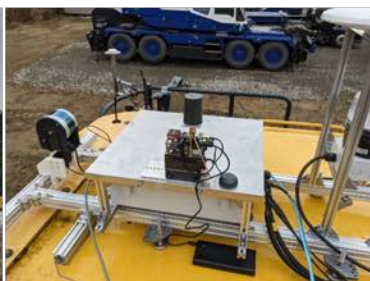
- ・ 後付けセンサボックス等で建機のデータ化
- ・ ドローンで作業環境をデータ化
- ・ 後付け操縦ロボットとAIで建機をロボット化



三次元の環境計測



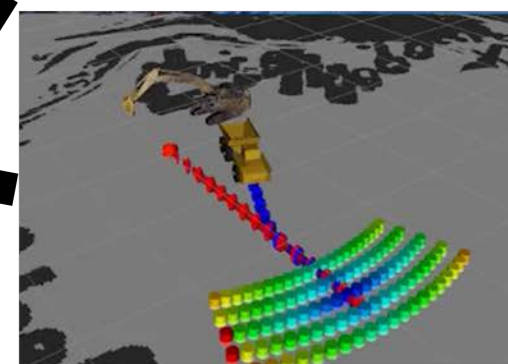
簡易後付けセンサ・制御ボックス



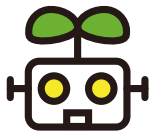
簡易後付け運転ロボット



簡易後付けセンサボックス



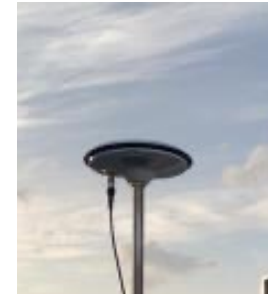
知能化ソフト (AI・ROS)



# 大型ダンプトラックの自動運転システムの構成



建設現場の3次元計測用のLiDARとGNSS搭載ドローン



高精度測位のための補正情報を配信するGNSS基準局の設置

センサボックス (アーム、ブーム、操縦席) GNSSアンテナ



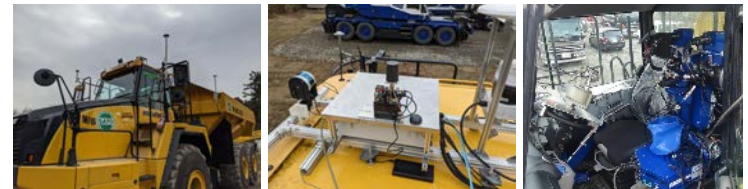
強力磁石マウント

センサボックス嵌入

人が操縦するバックハウの動作を計測するセンサボックスの設置



携帯電話網 4G/LTE



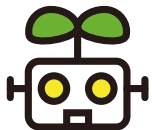
GNSSアンテナ

制御ボックス

運転ロボット



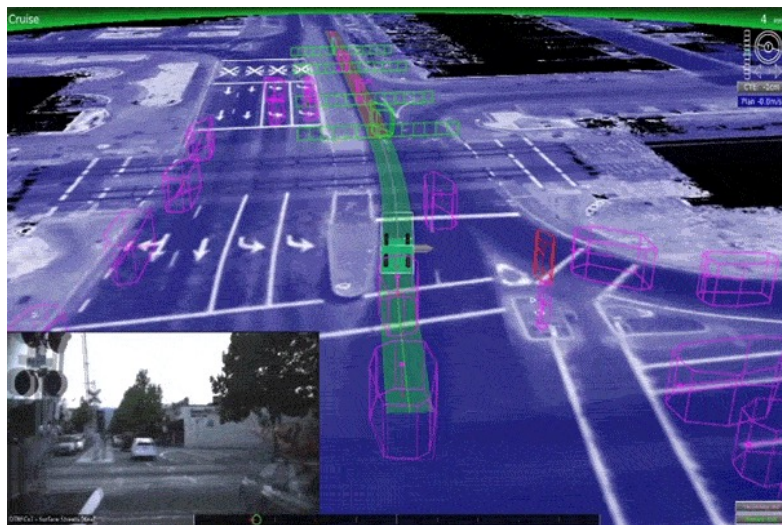
ダンプトラックを自動化するセンサ、制御ボックス、運転ロボットの設置



# 地図に基づく自動運転のソフトウェア開発



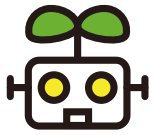
<https://www.extremetech.com/wp-content/uploads/2011/12/Screenshot-2011-12-20-at-3.44.21-PM-640x397.png>



<https://www.extremetech.com/wp-content/uploads/2014/09/googlecar04.gif>

1. ロボット用の地図構築  
Simultaneous Localization & Mapping (SLAM)
2. 地図に基づく頑健な位置推定  
Bayesian Filter (BF)  
Landmark based localization
3. 車や障害物などの環境認識  
DEM, 機械学習, CNN
4. 行動計画と走行制御  
A\*, Rapid Random Tree (RRT),  
Pure-pursuit etc.

土木の現場や建機の特徴に合わせた方法の開発が必要

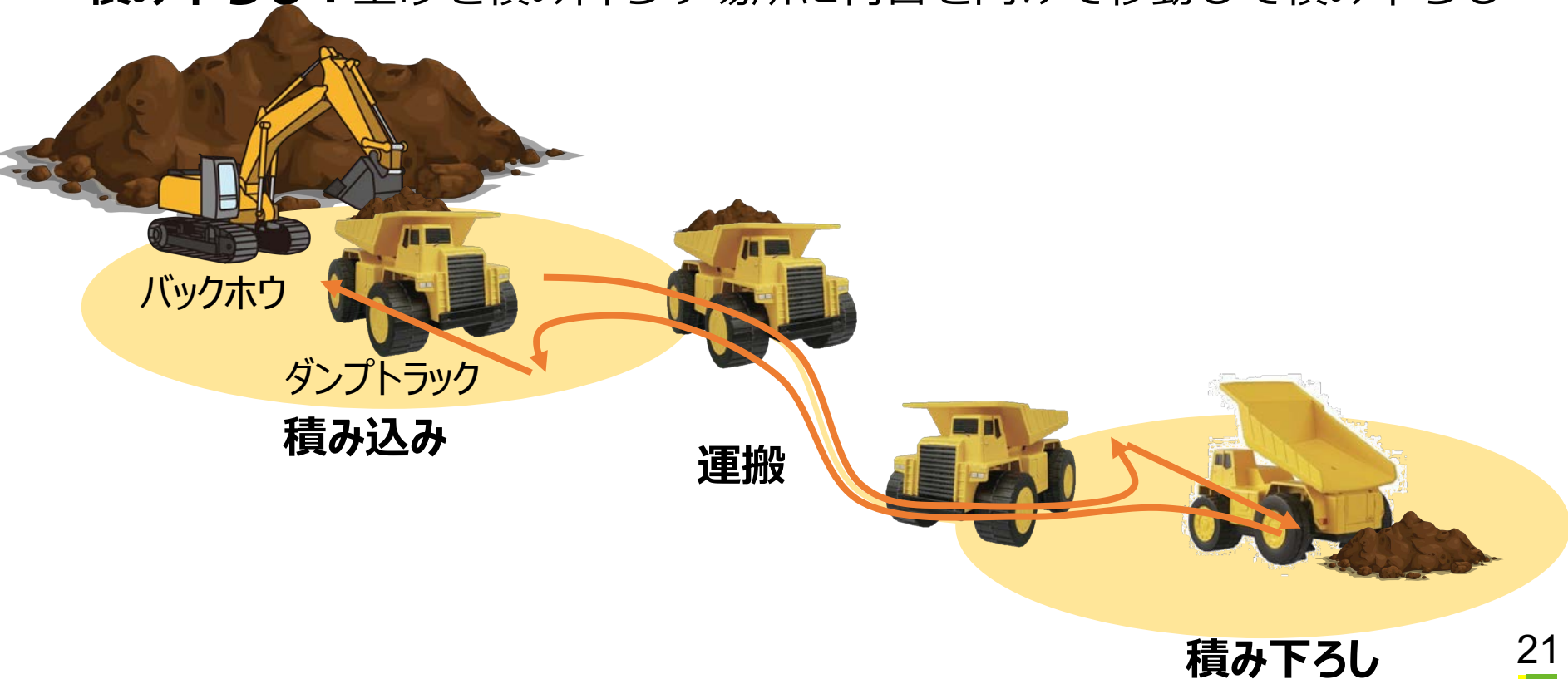


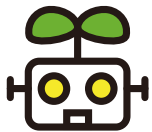
# 大型ダンプトラックの土砂運搬

**積み込み**：人が操るバックホウと連携してダンプトラックが土砂を積載  
積載する位置やタイミングはバックホウの位置や姿勢で決定  
ダンプトラックは積み込み場所に荷台を向けて移動・停車

**運搬**：決められた経路上を走行。  
道幅が狭いところでは譲り合って走行

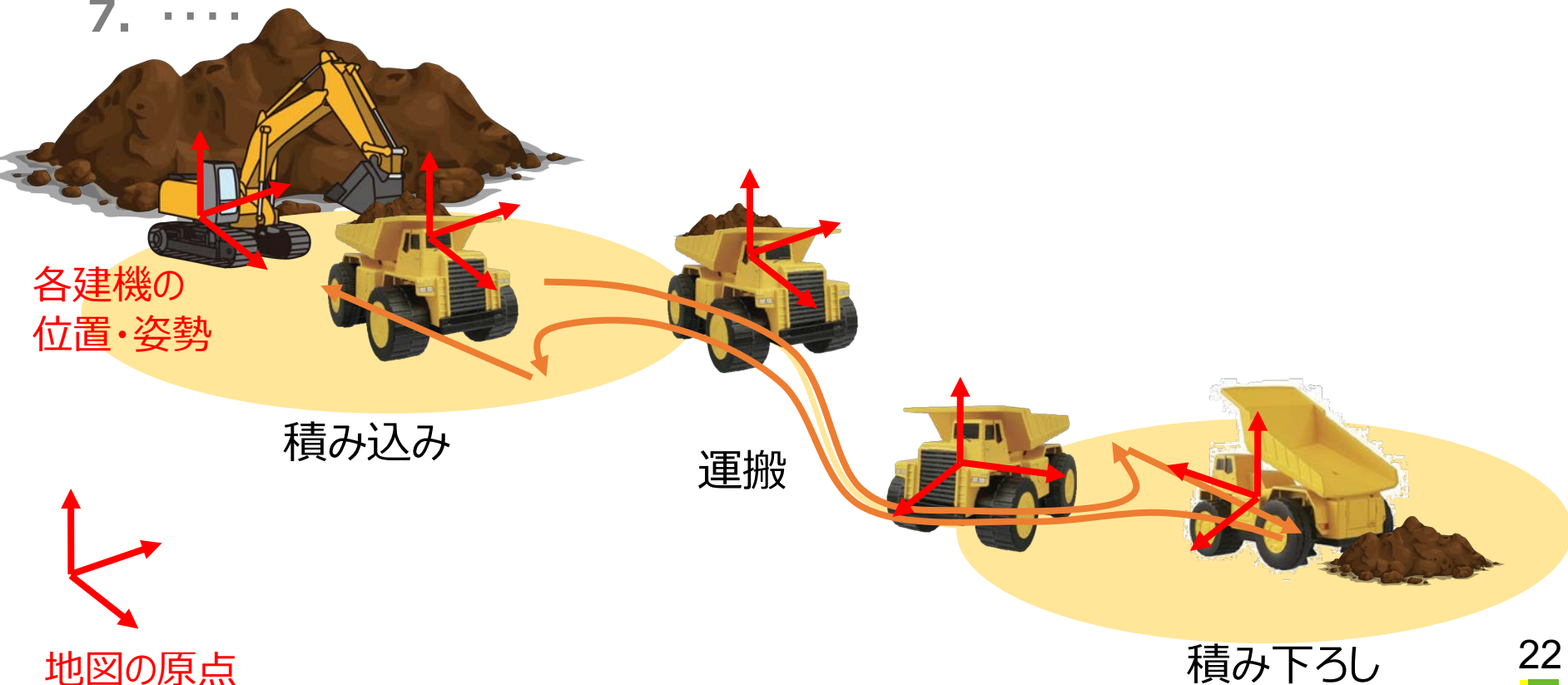
**積み下ろし**：土砂を積み降ろす場所に荷台を向けて移動して積み下ろし

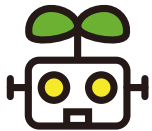




# 大型ダンプトラックの土砂運搬に必要な技術

1. **ロボット用の地図の計測**：切り土/盛り土で少しずつ変化する地形を計測
2. **建機の位置・姿勢推定**：建機は位置・姿勢を計測するセンサが必要
3. **プログラムからの指令で制御**：機器配置が異なる建機に搭載できる方法
4. **人の運転に近い行動・経路計画**：周囲の人が違和感を持たない方法
5. **人—機械協調を支援する技術**：……
6. **現場の施工計画**：……
7. ……



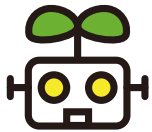


# GNSSとLiDAR搭載ドローンによる高精度三次元計測(1/2)

[鈴木太郎 日本ロボット学会誌2019]

- 6個のGNSSアンテナでLiDARの位置・姿勢を計測
- 3D LiDARのデータと融合して地形の3次元形状を復元
- 飛行時間：10-30分程度、復元時間：飛行時間と同程度





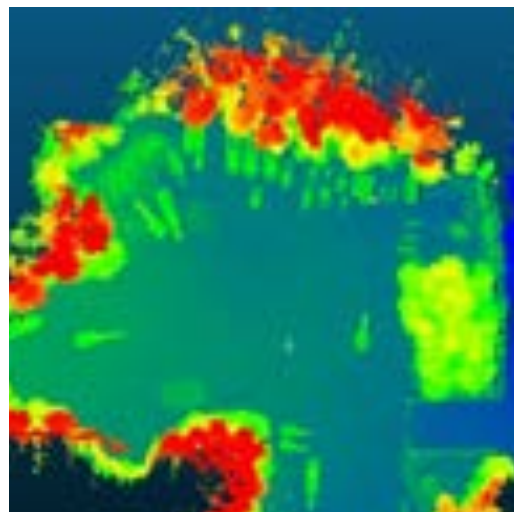
# GNSSとLiDAR搭載ドローンによる高精度三次元計測(2/2)

[鈴木太郎 日本ロボット学会誌2019]

- ドローンで起伏のある三次元地形を10cm未満の精度で測位
- 自動運転に利用する地図（DEM、占有格子地図）を構築



航空写真

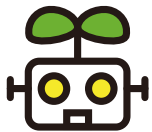


Digital Elevation Map  
(DEM)



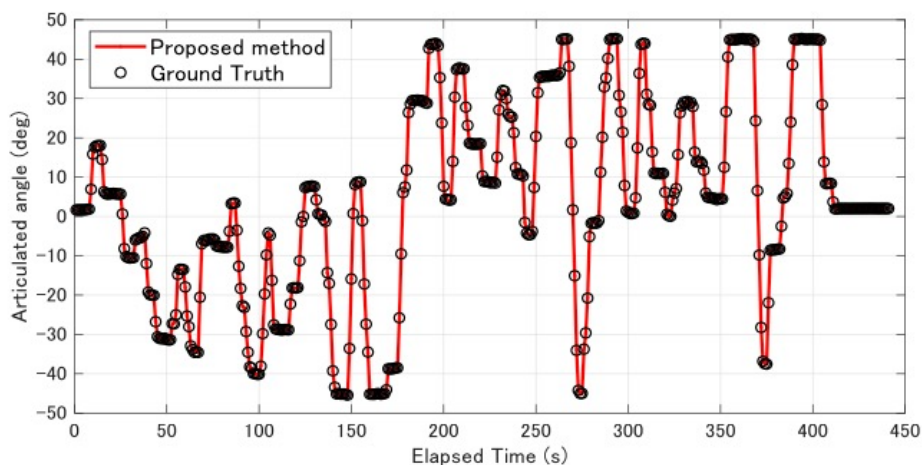
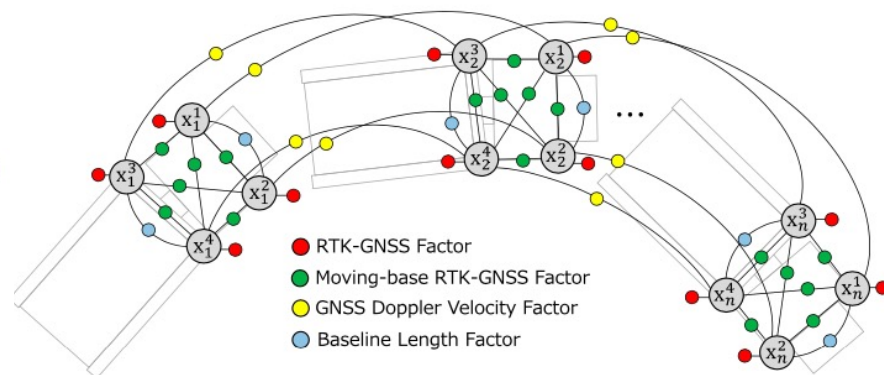
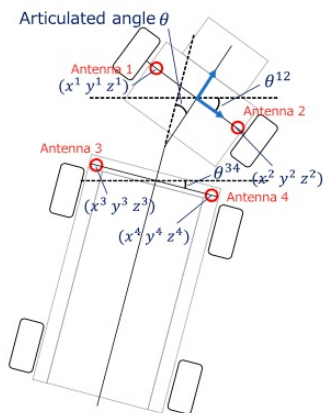
ロボット用の2D地図  
(占有格子地図)

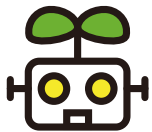




# 大型ダンプトラックの位置・姿勢の計測 [T. Suzuki AR2021]

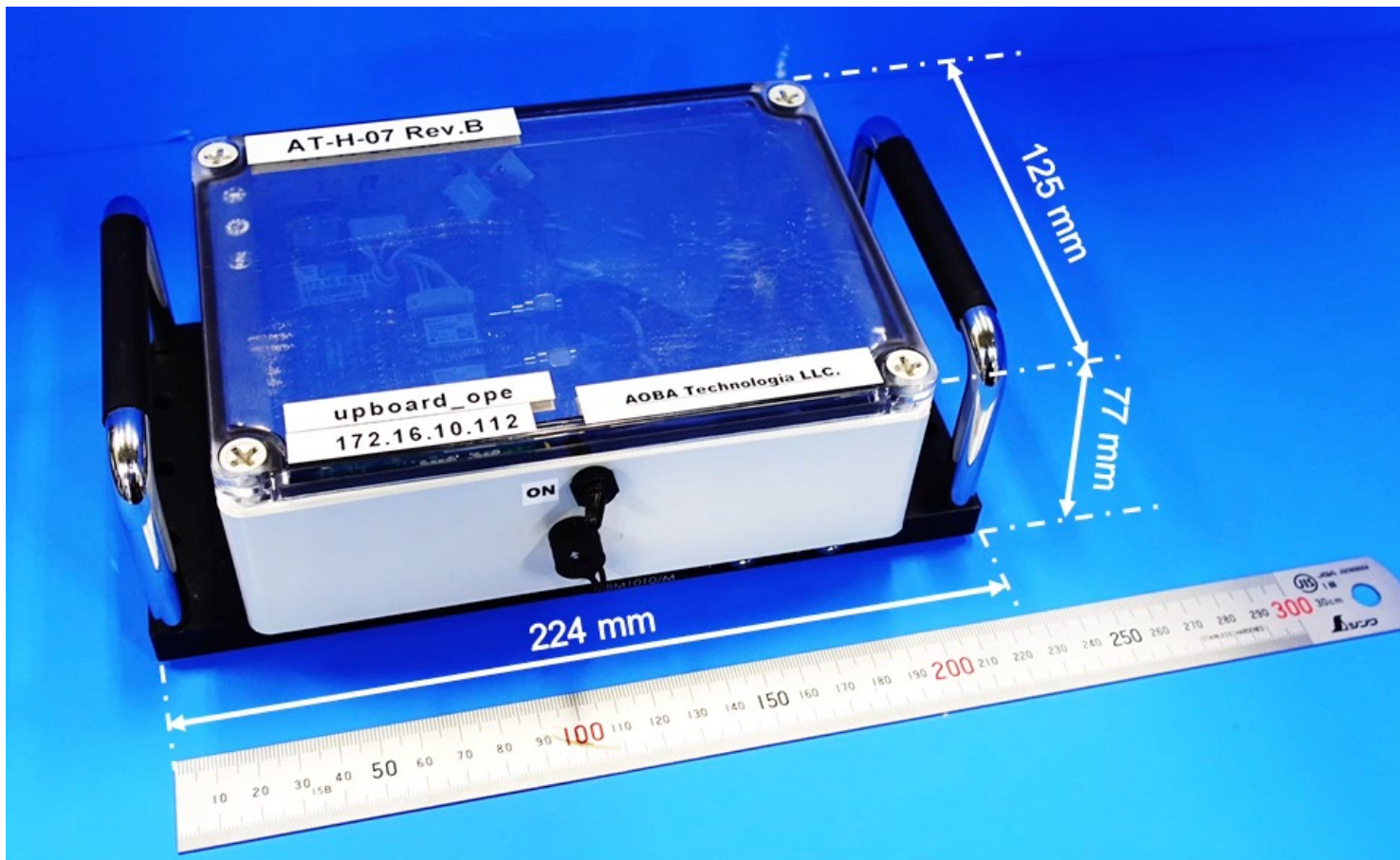
- 4つのGNSSを利用して位置・姿勢・速度・操舵角、荷台角の計測
- ドローンで計測した3次元地形を利用した可視衛星の選択
- 複数GNSSのデータをグラフ最適化で統合し頑健な推定を実現



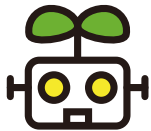


# 超強力磁石式後付けセンサボックス [K. Yamada SII2020]

- 建機に溶接など改造をせずに設置可能なセンサボックスを開発
- バックホウに設置して土砂積み込み動作の計測と可視化に成功



## Attachable sensor box



Seminar on  
Retrofit  
Technologies  
for Autonomous  
Mobile Robot

# 後付センサボックスを利用した建機の動作計測



バックホウ  
PC650

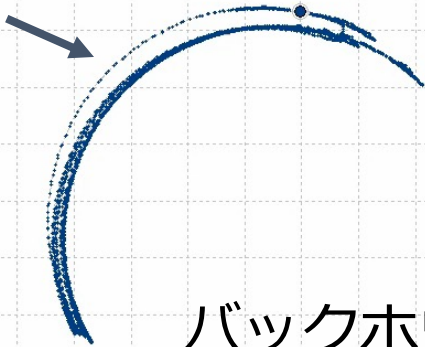
ダンプ  
HM400

人が操縦するダンプトラック  
(HM400) とバックホウ  
(PC650) の土砂運搬を計測

www.BANDICAM.com

Loading

バックホウ  
旋廻軌跡



バックホウ

拡大

1 m

www.BANDICAM.com

Unloading

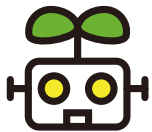
荷降位置

積込位置

ダンプトラック  
の運搬経路

バックホウ ダンプトラック

5 m



Seminar on  
Retrofit  
Technologies  
for Autonomous  
Mobile Robot

# 簡易後付運転ロボットシステム [T. Komatsu FSR2019]

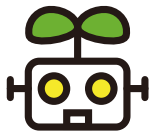
大型ダンプトラック用に、人が運転席に搭乗可能で遠隔/自動運転を切り換えられる簡易後付け運転ロボットを開発



人が運転席に搭乗可能な状態で後付できる運転ロボット

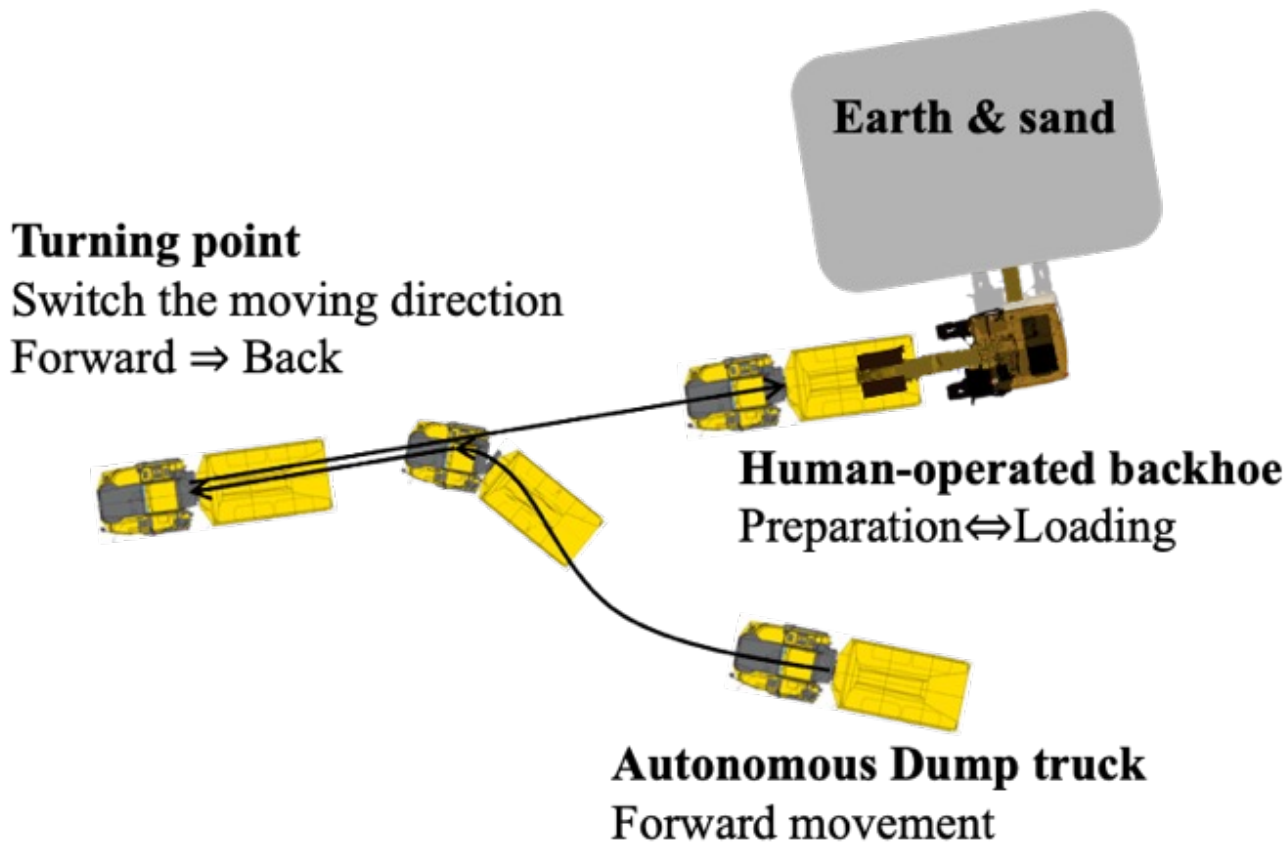


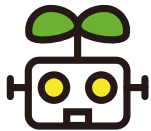
人が搭乗時に自動/手動運転が切り換え可能



# 切り返しを含む経路の自動運転(1/3) [T. Akegawa ROBOMECH2020] [T. Akegawa SII2022]

土砂の積み込み・積み下ろし場所まで前進で移動し、切り返して、荷台をそれらの場所に向けて後進する経路が必要





# 切り返しを含む経路の自動運転(2/3) [T. Akegawa ROBOMECH2020] [T. Akegawa SII2022]

土砂の積み込み・積み下ろし場所まで前進で移動し、切り返して、荷台をそれらの場所に向けて後進する経路計画を開発

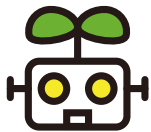
## 大型ダンプトラックの土砂運搬作業に適した経路計画法の確立

Establishment of Path Planning Method Suitable for Earthmoving Work of Large-scale Dump Trucks

明河哲<sup>[1]</sup>, 大野和則<sup>[1][2]</sup>, 小島匠太郎<sup>[1]</sup>, 山田健斗<sup>[1]</sup>, 郷初瑠<sup>[1]</sup>, 鈴木太郎<sup>[3]</sup>, 桐林星河<sup>[4]</sup>, 小松智広<sup>[5]</sup>,  
宮本直人<sup>[1]</sup>, 鈴木高宏<sup>[1]</sup>, 柴田幸則<sup>[6]</sup>, 浅野公隆<sup>[7]</sup>, 永谷圭司<sup>[8]</sup>, 田所諭<sup>[1]</sup>

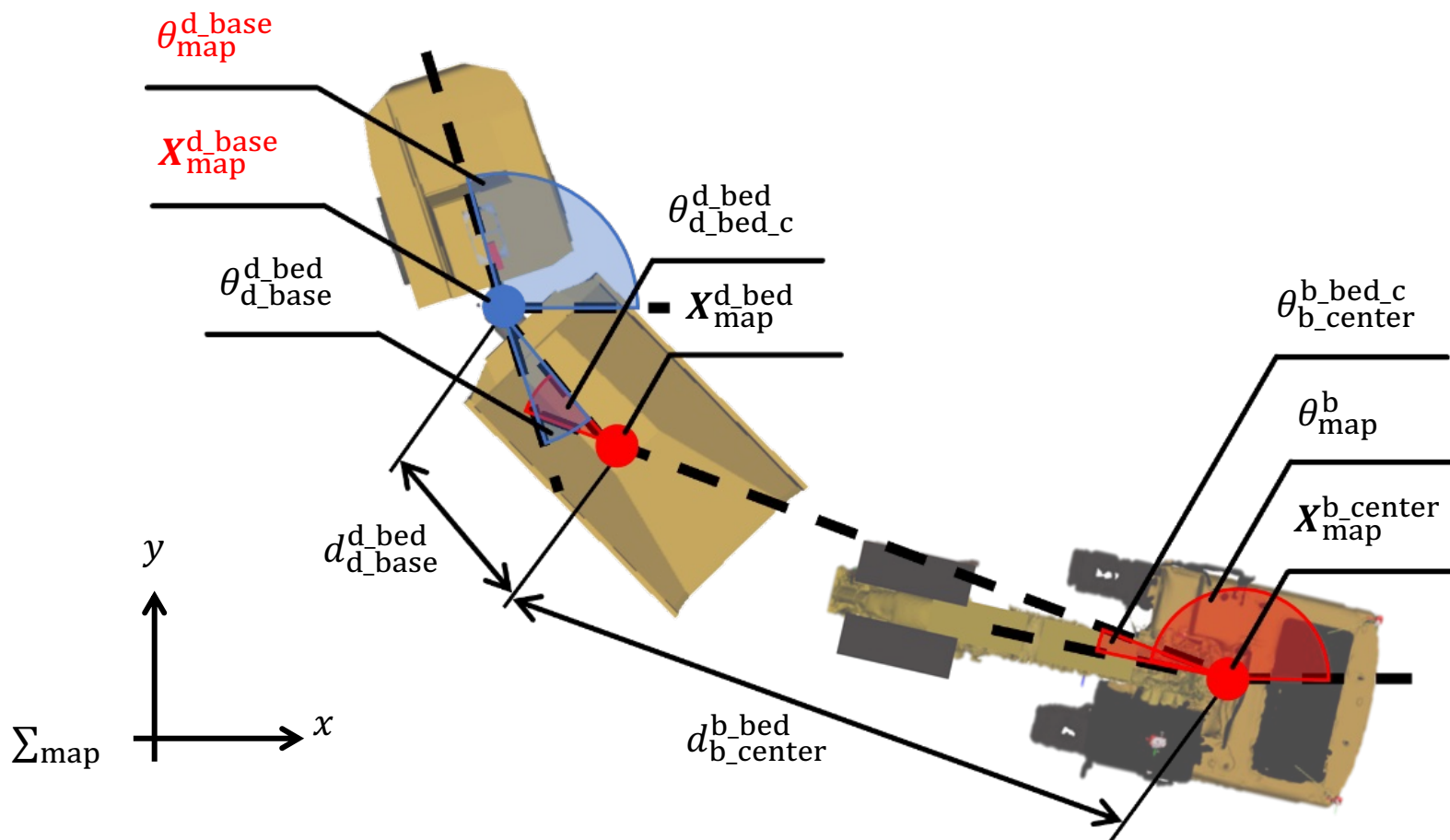
[1]東北大, [2]理研 AIP, [3]千葉工大, [4]SEQSENSE 株式会社, [5]コーワテック株式会社,  
[6]株式会社 佐藤工務店, [7]三洋テクニクス株式会社, [8]東大

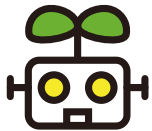




# 切り返しを含む経路の自動運転(3/3) [T. Akegawa ROBOMECH2020] [T. Akegawa SII2022]

積み込み位置はバックホウの作業位置に応じて決まる。バックホウを基準に停車位置をデータに基づき算出する方法を開発





Seminar on  
Retrofit  
Technologies  
for Autonomous  
Mobile Robot

# 土砂の自動運搬の実証実験(1/2)

複数のソフトウェアを統合して土砂積み込み・運搬・積み下ろしを実現

Play speed x 3



横視点カメラ



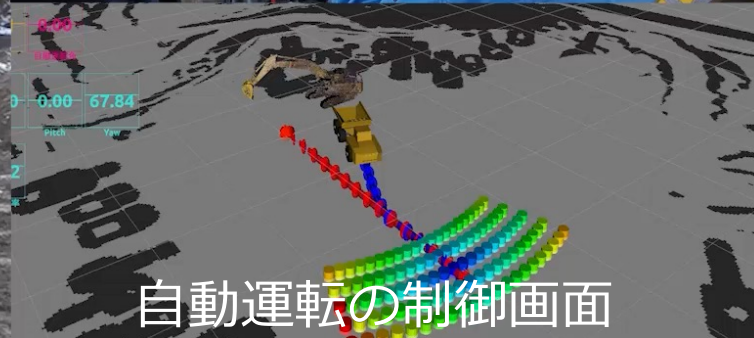
ダンプの運転席



俯瞰視点カメラ

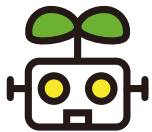


バックホウの運転席



自動運転の制御画面



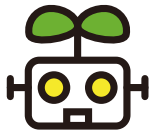


Seminar on  
Retrofit  
Technologies  
for Autonomous  
Mobile Robot

# 土砂の自動運搬の実証実験(2/2)

足場が悪く、周囲が狭い環境でも土砂積み込みや運搬を実現 (5/5回)

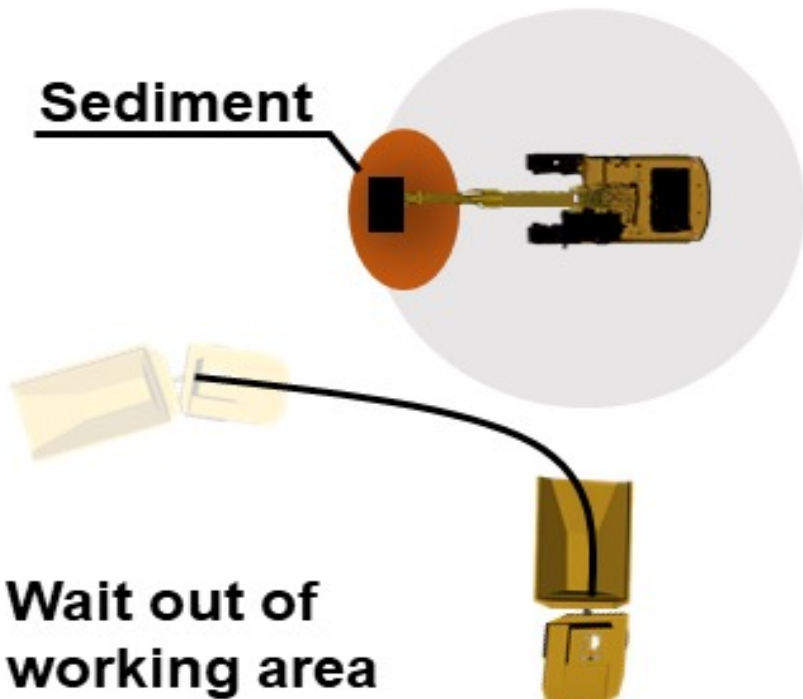




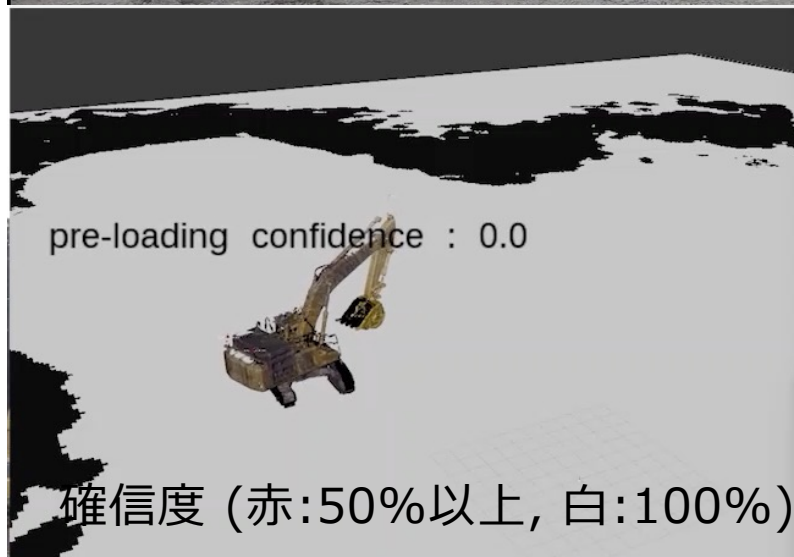
# バックホウの動作から土砂積み込みを予測

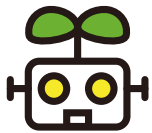
[K. Yamada IROS2020, AR2021]

- バックホウの積み込み準備がおわるまでダンプは待機
- 積み込み動作から土砂積み込みのタイミングを予測
- 遷移動作抽出の改良でモデル構築の時間を1/10に削減



積み込み準備が終わるまでダンプは待機

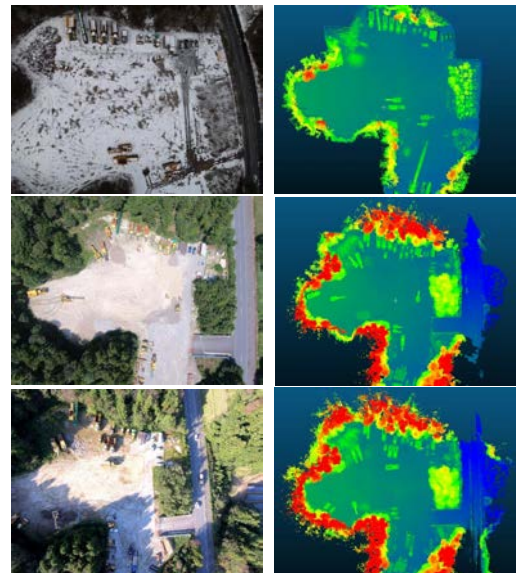
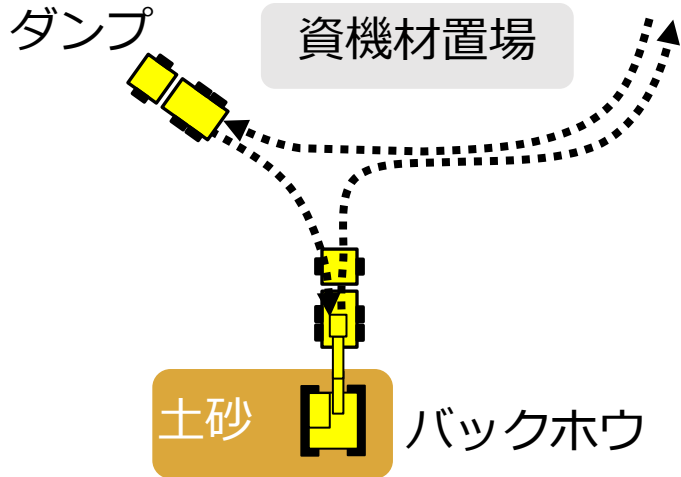




Seminar on  
Retrofit  
Technologies  
for Autonomous  
Mobile Robot

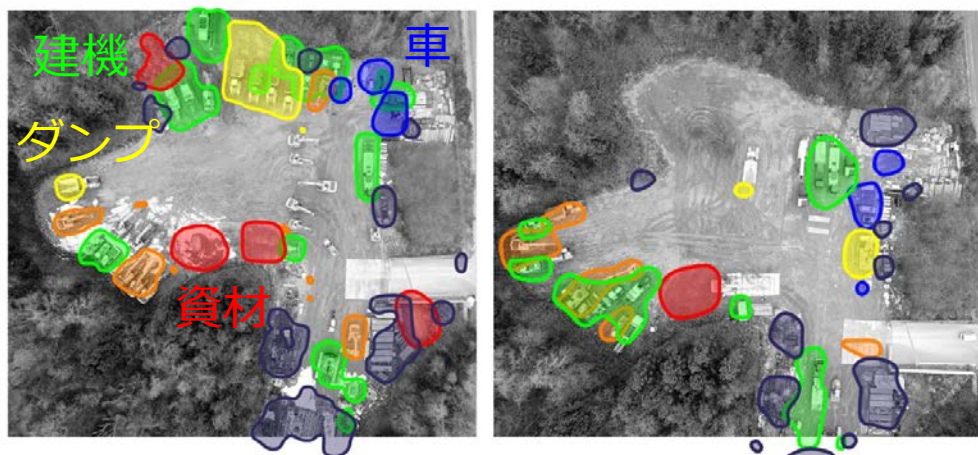
# 建設現場のセマンティクスの抽出 [Thomas RAL 2021]

## 現場のローカルルールに応じた大型ダンプの行動生成が可能

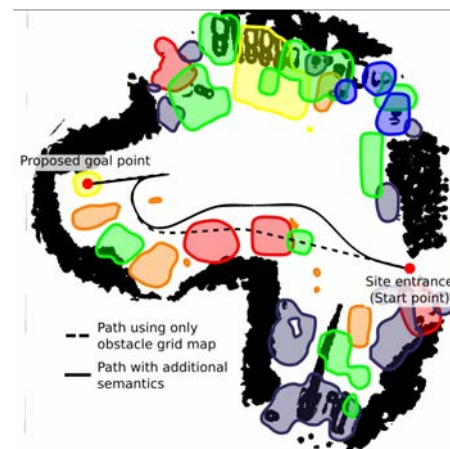


資機材置き場を避けて経路を生成

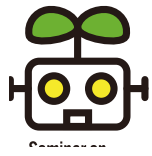
日々の地形の変化を解析



フィールドの使い方が時期で変化



大型ダンプの停車場所への経路



# 実用化・事業化：現場運用イメージ

## 事前準備作業



UAVによる計測



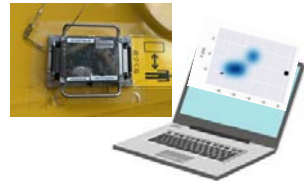
3D地図生成



ダンプトラックへの架装 (SAM/GNSS/LiDAR)



バックホウへの動作計測  
簡易センサ取付、動作データ取得



バックホウ運転行動予測  
モデル生成



現場で混在する有人ダンプトラックへのセンサ



## 施工（日々の作業）



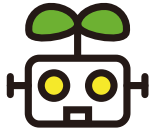
ダンプ 走行条件入力  
(積込場、積降場、  
他のダンプの情報等を入力)



走行経路自動生成  
(Hybrid State A\*)



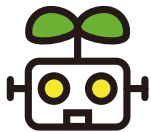
- バックホウの積込場所付近で停車位置算出、停車までの経路自動生成 (切り返し、バック走行)
- 土砂積込待機場所からの発車タイミングの予測動作 (人の判断に近づける)
- 現場の他のダンプ 走行軌跡を反映させたルート生成 (人の判断に近づける)



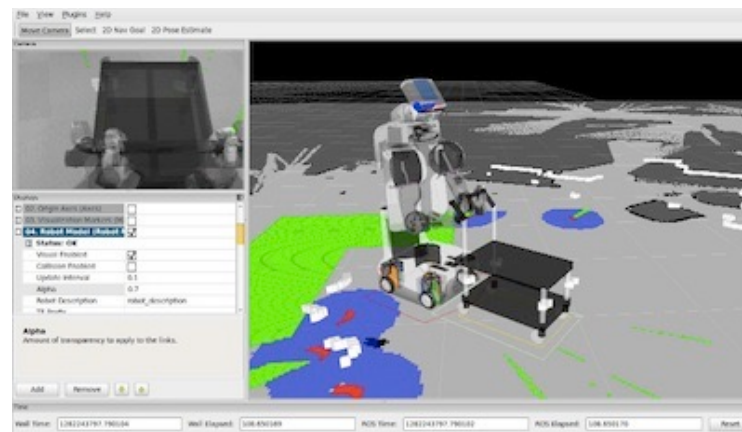
# 内容

---

- 自己紹介
- NEDO特別講座の概要
- レトロフィット技術を利用した大型ダンプトラックの土砂運搬の自動化の概要
- **ROSとは？**
- 来週までの宿題：実習環境のセットアップとROSの基礎知識の勉強



- ROSの日本語情報源
  - <http://wiki.ros.org/ja>
  - [https://ja.wikipedia.org/wiki/Robot\\_Operating\\_System](https://ja.wikipedia.org/wiki/Robot_Operating_System)
- ROS:
  - ロボット開発ととても相性が高い複数のプロセス間の通信を提供してくれるミドルウェア
  - ROSでは1つのプロセスをノード、ノード間でやり取りするメッセージをトピックと呼ぶ
  - ノード間のトピックのやり取りをサポートする便利なミドルウェア
  - ROSには複数のDistributionが存在し異なる名前が付いている。
  - ROSにはROS1とROS2が存在する。
  - ROS 1 はUbuntuなどのLinuxで動作
  - ROS2はUbuntu, macOS, Windowsなどで動作
- ROS周辺の便利な機能：
  - ノードやトピックを可視化： rqt
  - 3次元可視化ツール： Rviz
  - 3次元動力学シミュレータ： Gazebo
  - マニピュレータ制御： MoveIt!
  - ロボットモデルやセンサドライバなど



Rvizの一例



# ROSの開発の歴史



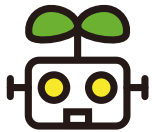
- スタンフォード大学の人工知能研究所のSTAIR (Standard AI Robot) プロジェクトがROSの起源となるSwitchyardを開発
- 米国Willow Garageがそれを引き継いでROSを開発
- Willow Garageが2012年にOSRF (Open Source Robotics Foundation) を設立し、2013年にROSの開発とメンテナンスを移管
- 2010-2018年 ROS1のディストリビューションが複数リリース
  - 最終版 : Melodic Morenia May 23<sup>rd</sup>, 2018
  - 2回目の実習ではROSのkineticを利用します。

ディストリビューション名	リリース日	サポート終了日
Melodic Morenia	2018年05月23日	2023年05月30日
Lunar Loggerhead	2017年05月23日	2019年05月30日
Kinetic Kame	2016年05月23日	2021年05月30日
Jade Turtle	2015年05月23日	2017年05月30日
Indigo Igloo	2014年07月22日	2019年04月30日
Hydro Medusa	2013年09月04日	2014年05月31日
Groovy Galapagos	2012年12月31日	2014年07月31日
Fuerte Turtle	2012年04月23日	--
Electric Emys	2011年08月30日	--
Diamondback	2011年03月02日	--
C Turtle	2010年08月02日	--
Box Turtle	2010年03月02日	--

■ 旧バージョン   
 ■ 以前のバージョン、サポート中   
 ■ 最新バージョン   
 ■ 将来のリリース

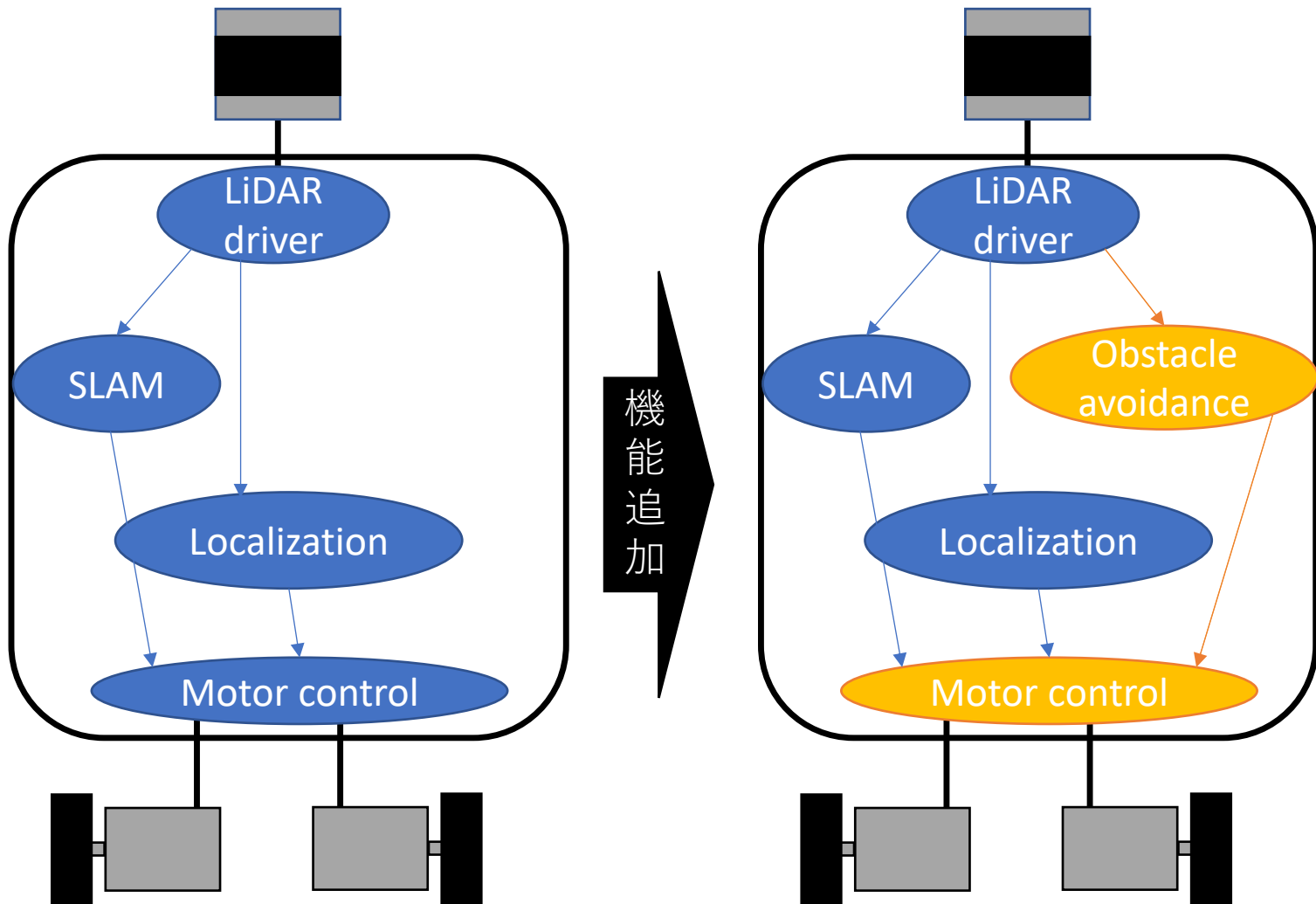


- 2018年以降、ROS2が正式にリリース
  - 最新 : Humble Hawksbill May 23<sup>rd</sup>, 2022

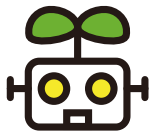


# 自律ロボット開発にROSをする利点

- ROSを利用すると、必要なノードとトピックのやり取りの追加と、最小限のノードの修正で新たな機能の追加が容易。



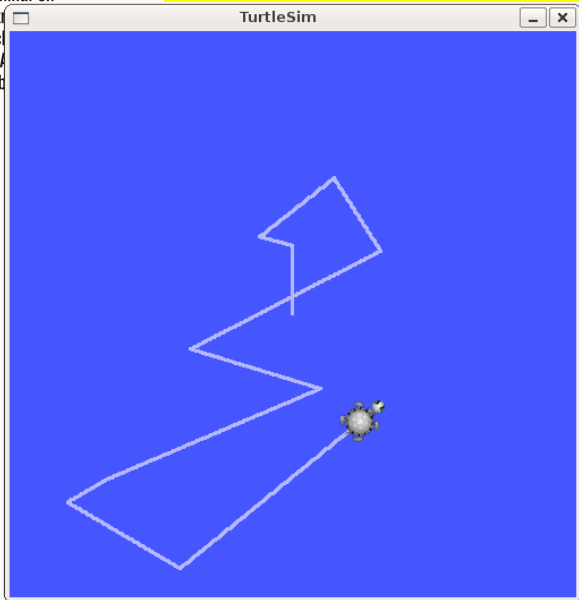




# ROS 1 のノード起動

<http://wiki.ros.org/ja/ROS/Tutorials>  
6. ROSTピックの理解

Seminar on  
Retu  
Tech  
for A  
Mot



Turtlesim起動画面

- ノードとトピックを管理するroscoreを起動
  - `$ roscore`
- その後、必要なプロセスを起動
  - `$ rosrun turtlesim turtlesim_node`
  - `$ rosrun turtlesim turtle_teleop_key`
- ノードとトピックの繋がりを可視化
  - `$ rosrun rqt_graph rqt_graph`

トピック

/teleop\_turtle

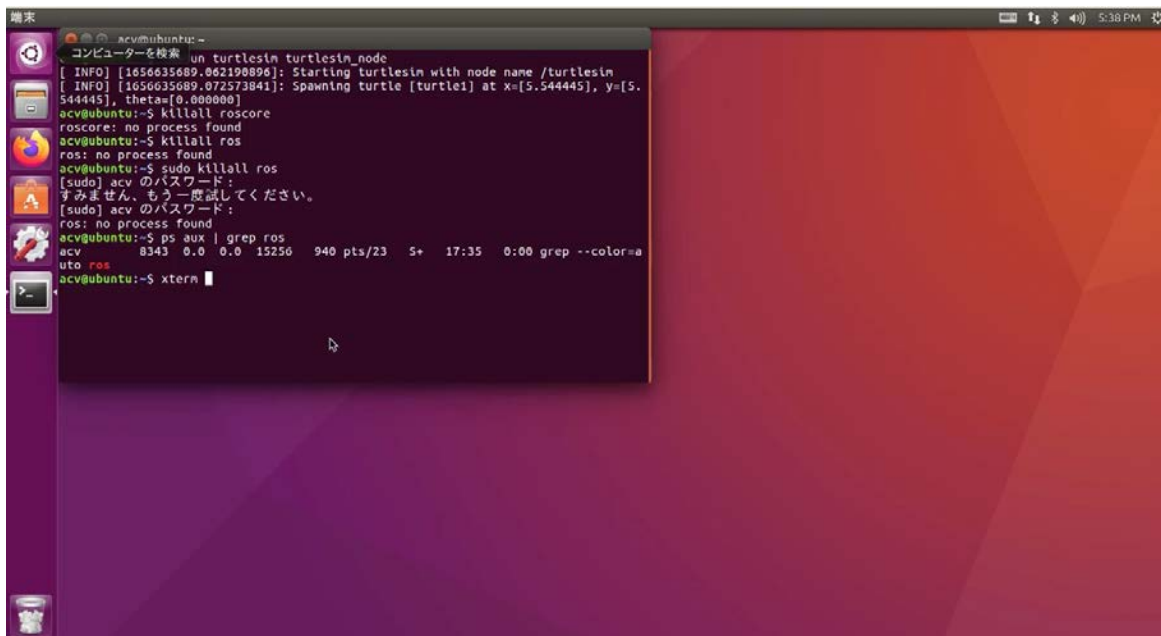
/turtle1/cmd\_vel

/turtlesim

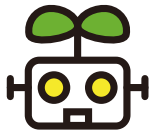
ノード

ノード

rqtグラフ

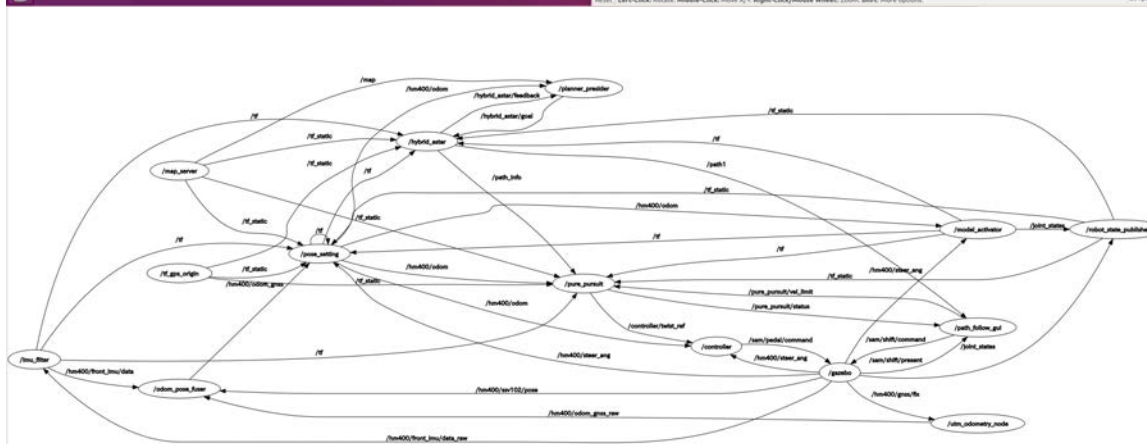
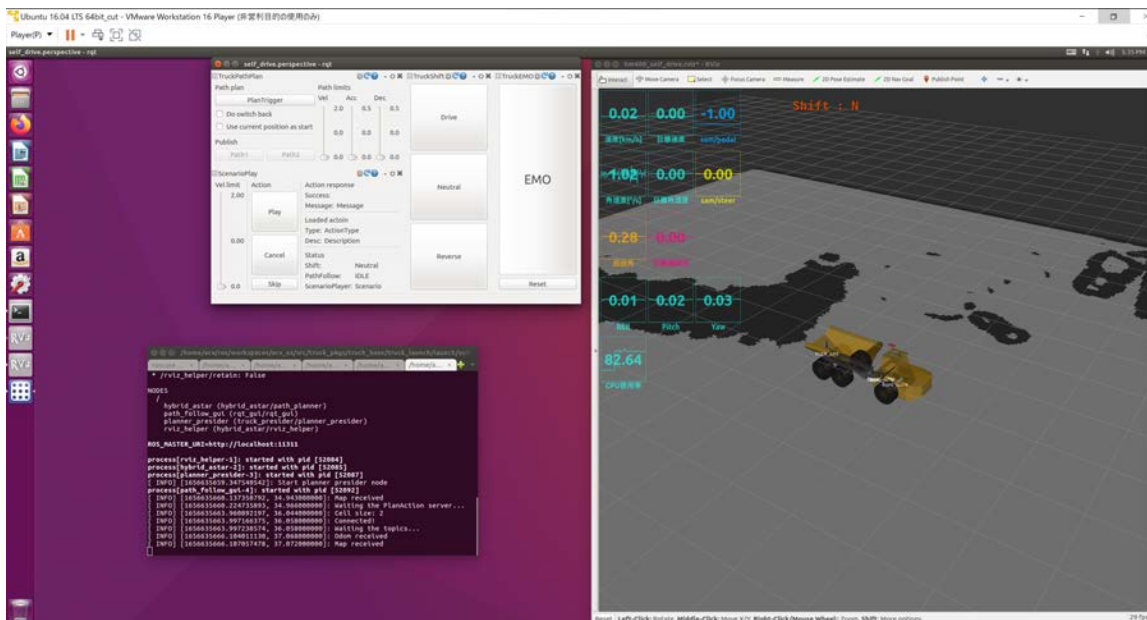


<https://www.dropbox.com/s/q38mqn6oku0ycly/ROS%E3%83%8E%E3%83%BC%E3%83%89%E8%B5%B7%E5%8B%95%E7%94%BB%E9%9D%A2.mp4?dl=0>

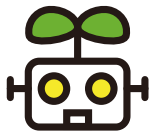


# 2 回目の講義で利用する自動運転のrqtグラフ

- 膨大なノードとリンクの繋がりになるので初見では分かりづらい・・・。



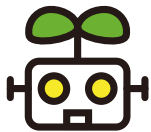
自動運転に関するノードのrqtグラフ（Rvizに関するノードを削除）



# 内容

---

- 自己紹介
- NEDO特別講座の概要
- レトロフィット技術を利用した大型ダンプトラックの土砂運搬の自動化の概要
- ROSとは？
- **来週までの宿題：実習環境のセットアップとROSの基礎知識の勉強**



# 来週までの宿題1

- 2回目の実習で利用する開発環境のインストール

- 下記のマニュアルを参考に、各自のWindows PC (OS:Win10以上推奨) 上にVMWare Playerと開発イメージをインストールして、シミュレーターが起動出来る事を確認してください。

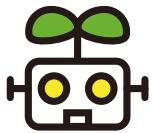
- [https://www.dropbox.com/s/04vhq6fznr4bc2c/20220629\\_ACV%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%BC%E3%83%AB%E3%83%9E%E3%83%8B%E3%83%A5%E3%82%A2%E3%83%AB\\_VMWare%E3%82%A4%E3%83%A1%E3%83%BC%E3%82%B8\\_V0.1.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/04vhq6fznr4bc2c/20220629_ACV%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%BC%E3%83%AB%E3%83%9E%E3%83%8B%E3%83%A5%E3%82%A2%E3%83%AB_VMWare%E3%82%A4%E3%83%A1%E3%83%BC%E3%82%B8_V0.1.pdf?dl=0)

- ハードウェア要件

CPU	Intel Core プロセッサ搭載、第8世代 / Intel core i5 (2018) 以上を推奨。
メモリ	4 GB 必須、8GB 以上を推奨。
ディスク	125GB 以上を推奨。

- 演習で利用するJoypadを各自準備して下さい。 ※他のJoypadだとキー配置が変わり操作できない。
  - SONY DUALSHOCK 4
  - <https://www.playstation.com/ja-jp/accessories/dualshock-4-wireless-controller/>



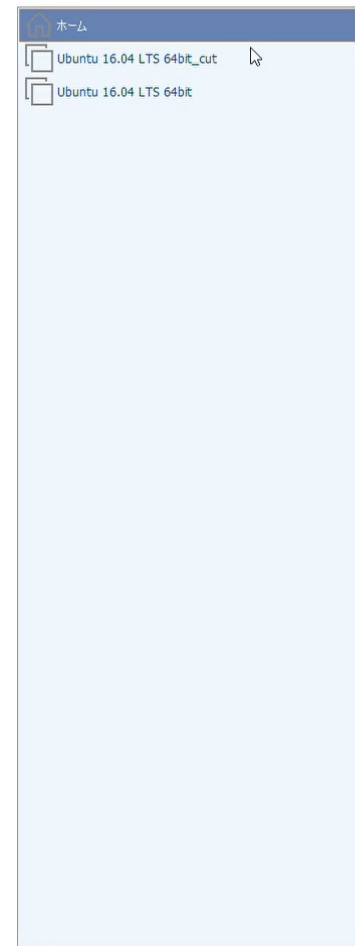


Seminar on  
Retrofit  
Technologies  
for Autonomous  
Mobile Robot

# 開発環境の起動までの流れ

VMware Workstation 16 Player (非営利目的の使用のみ)

Player(P) | ▶ | ◀ | 🔄 | 📄



## VMware Workstation 16 Player へようこそ



### 新規仮想マシンの作成(N)

新しい仮想マシンを作成し、ライブラリの先頭に追加します。



### 仮想マシンを開く(O)

既存の仮想マシンを開き、ライブラリの先頭に追加します。



### VMware Workstation Pro にアップグレード(U)

スナップショット、仮想ネットワーク管理などの高度な機能を利用できるようになります。



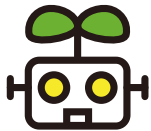
### ヘルプ(E)

オンライン ヘルプを表示します。



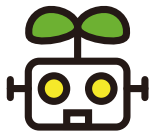
この製品は、ライセンスが提供されたソフトウェア、営利目的以外の使用に限り無償で提供されます。営利目的の使用の場合は、ライセンスを購入していただくか、企業版を購入してください。

<https://www.dropbox.com/s/trw266uip7s9mvr/VMWarePlayer%E8%B5%B7%E5%8B%95%E7%94%BB%E9%9D%A2.mp4?dl=0>



# 来週までの宿題2

- 実習に必要な基礎知識の勉強
  - ROSの基礎知識（ROSのkineticを利用）
    - <http://wiki.ros.org/ja/ROS/Tutorials>
    - 2. ファイルシステムを学ぶ
    - 5. ROSのノードを理解する
    - 6. ROSのトピックを理解する
  - Ubuntuの基礎知識（16.04 LTS 64bitを利用）
  - VMWare Playerの使い方



# 来週までの宿題3

---

- 3回目のオンサイト参加の希望調査 **7/5〆切**
  - 応募先：retrofit-ai@grp.tohoku.ac.jp
  - 現地までの移動方法：新幹線、自家用車、レンタカー、タクシーなど
  - 持参可能な装備：ヘルメット、安全長靴など