

自動運転 / Autoware の特長と最新動向

安積卓也

大阪大学大学院基礎工学研究科

ティアフォー・技術顧問



自己紹介

名前：安積 卓也（あづみ たくや）

• 出身研究室：名古屋大学大学院 情報科学研究科

▪ 2006-2009：博士後期課程

高田研究室：組込みリアルタイム

2006-2007：未踏ソフトウェア（代表）

▪ 2008-2010：学振 特別研究員 DC→PD

• 立命館大学情報理工学部・情報システム学科・助教

▪ 2010年4月～2014年2月：西尾研究室：ユビキタス

▪ 2011年9月～2012年3月：

カリフォルニア大学アーバイン校：兼任

帰国後：自動運転向けシステムソフトウェアの研究開発開始

• 大阪大学 大学院基礎工学研究科 助教

▪ 2014年3月～：潮研究室

▪ 2017年10月～：JSTさきがけ研究員（兼任）

▪ 株式会社ティアフォー（自動運転ベンチャー）：技術顧問

OSSの活動：TOPPERSプロジェクト

組み込みシステム構築の基盤となる各種のソフトウェアを開発し、**オープンソースソフトウェア**として公開している団体

<http://www.toppers.jp/>



PM-A970 (エプソン)



IPSiO GX e3300
(リコー)



キザシ (スズキ)



ASTRO-H
(JAXA)



H-IIB
(JAXA)



スカイラインハイブリッド
(日産)

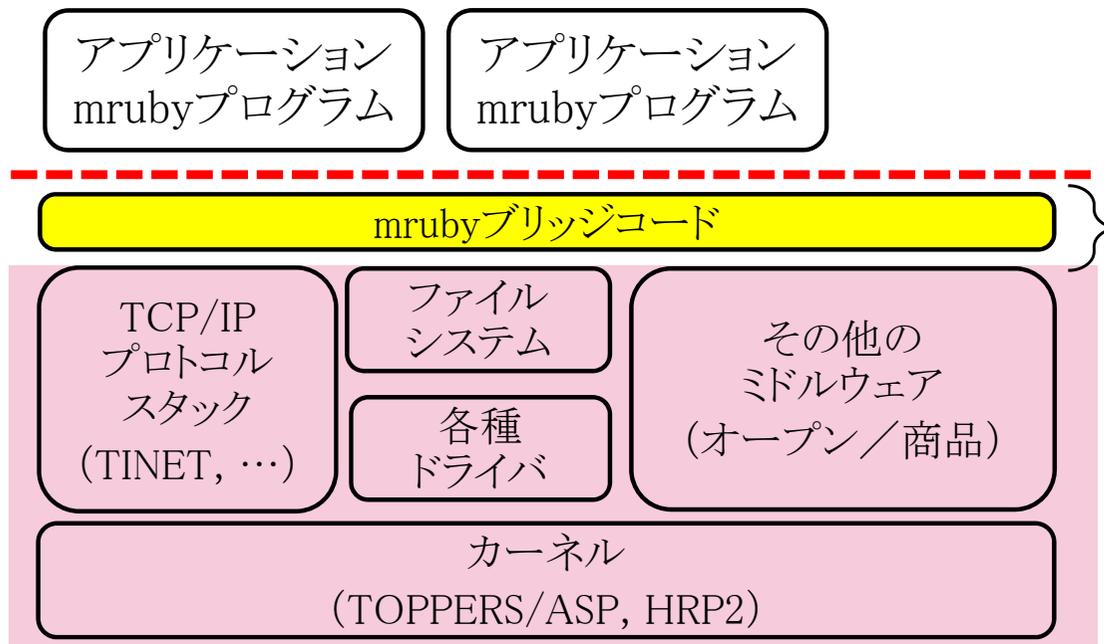


OSSの活動：ETロボコン向け開発プラットフォーム



mruby on EV3RT+TECS

- RubyプログラムでLEGOを操作



TECSコンポーネント

教育版EV3mruby
プログラミングセット

<http://www.afrel.co.jp/archives/21493>



mruby：組み込みシステム向けにRuby軽量化したスクリプト言語
プログラマはプラットフォーム側（C言語）の知識がなくても利用可能

コラボレーション：RTMとTECSの連携

- **TECS**(Toppers Embedded Component System)

- リアルタイムOSを用いており
実時間性の確保が可能
- 連携を行うためのコード
を出力可能

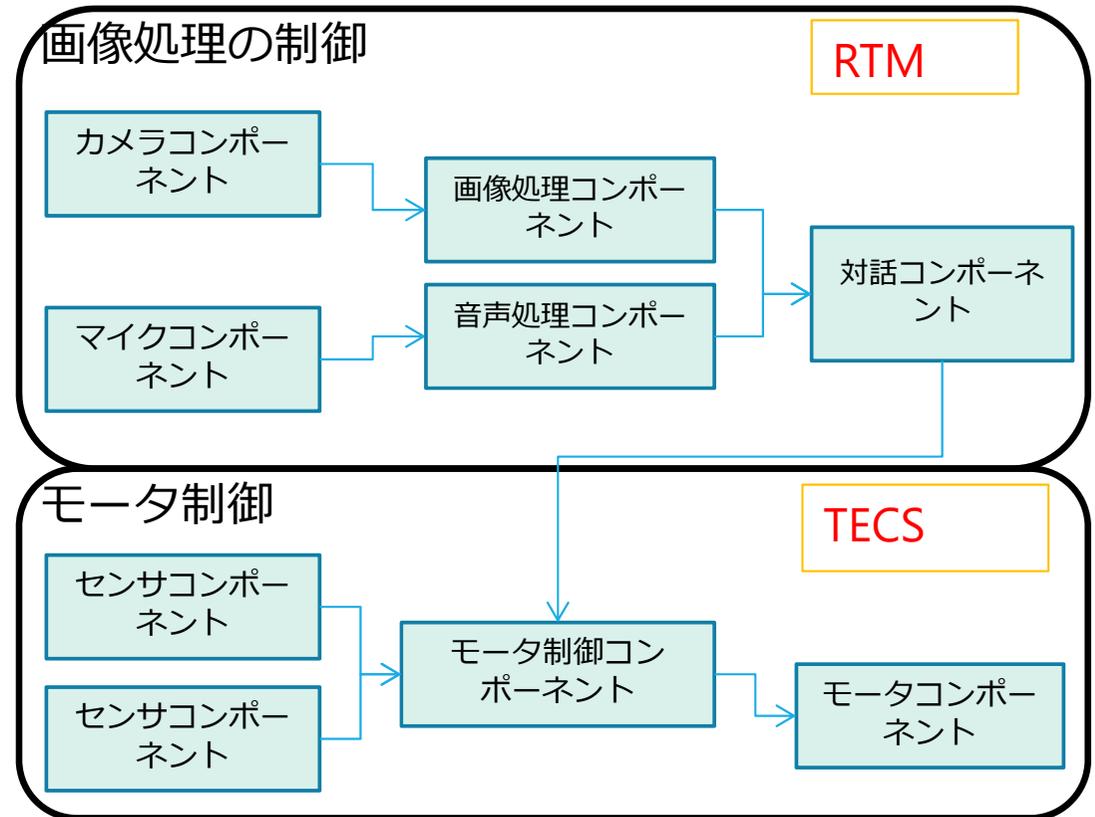
- 会話等の制御

→ **RTM**

- モータ制御等の制御

→ **TECS**

- RTM-TECS間通信
に**RPC**を用いる



Ryo Hasegawa, Naofumi Yawata, **Noriaki Ando**, Nobuhiko Nishio, and **Takuya Azumi**,
"Embedded Component-based Framework for **Robot Technology Middleware**," IPSJ
Journal of Information Processing, Vol.25, pp.811-819, 2017.

公道実験



東京都公道実験 (杉並区)

レベル4



<https://www.youtube.com/watch?v=jeqtRW0pn-k>

自動運転のレベル

※1 官民ITS構想RM用語対応表
操舵：ハンドル（ステアリング）
加速：アクセル
制動：ブレーキ

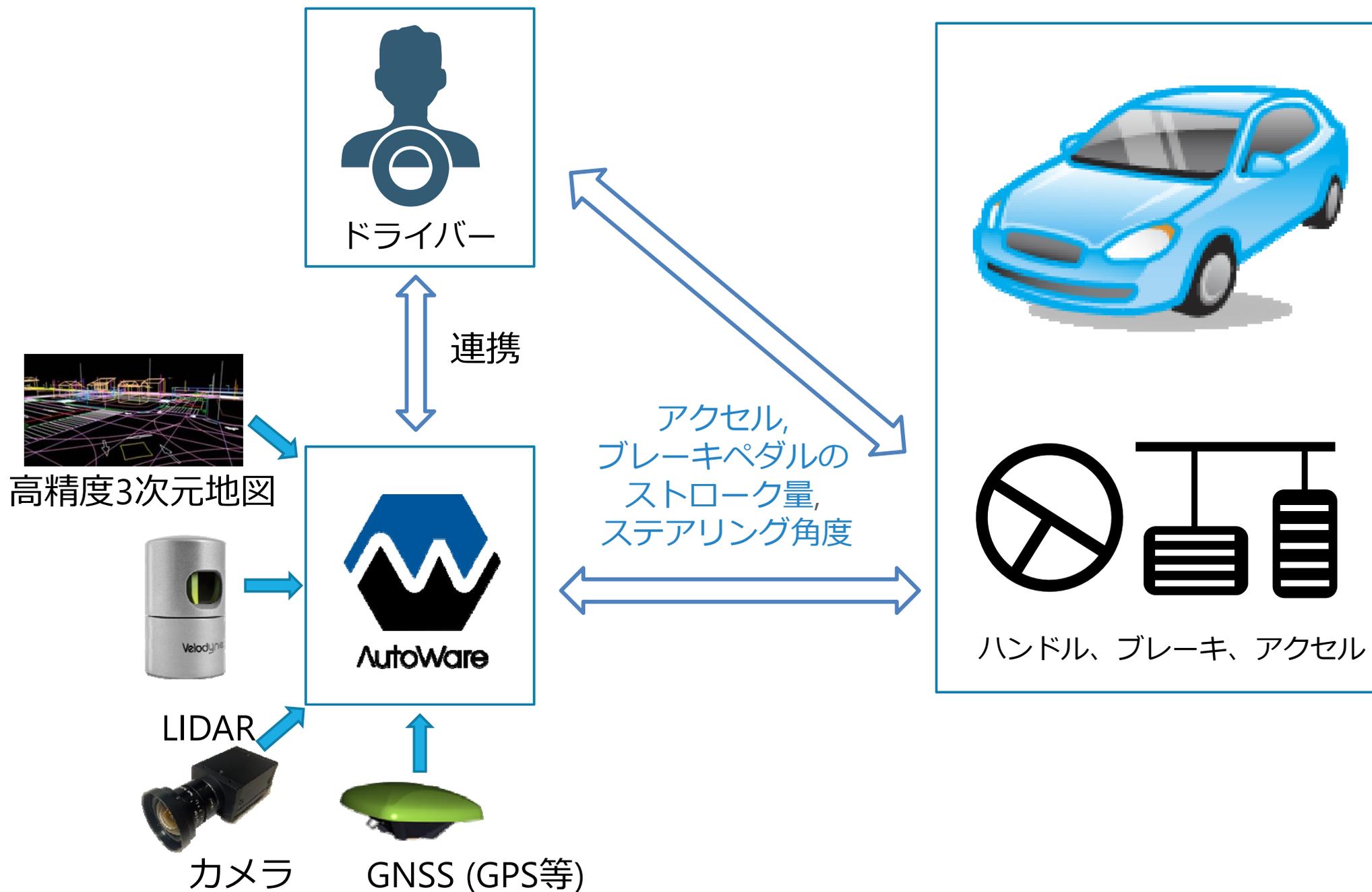
レベル	システム：※1 ハンドル・アクセル・ブレーキ	ドライバー	場所	
レベル1	いずれか一つ	主体		自動ブレーキ
レベル2	複数	主体		クルーズ コントロール
レベル3	すべて (危険回避はドライバー)	あり		公道実験
レベル4	すべて	なし	限定	自動運転バス
レベル5	すべて	なし	全て	自動運転 タクシー

完全自動運転

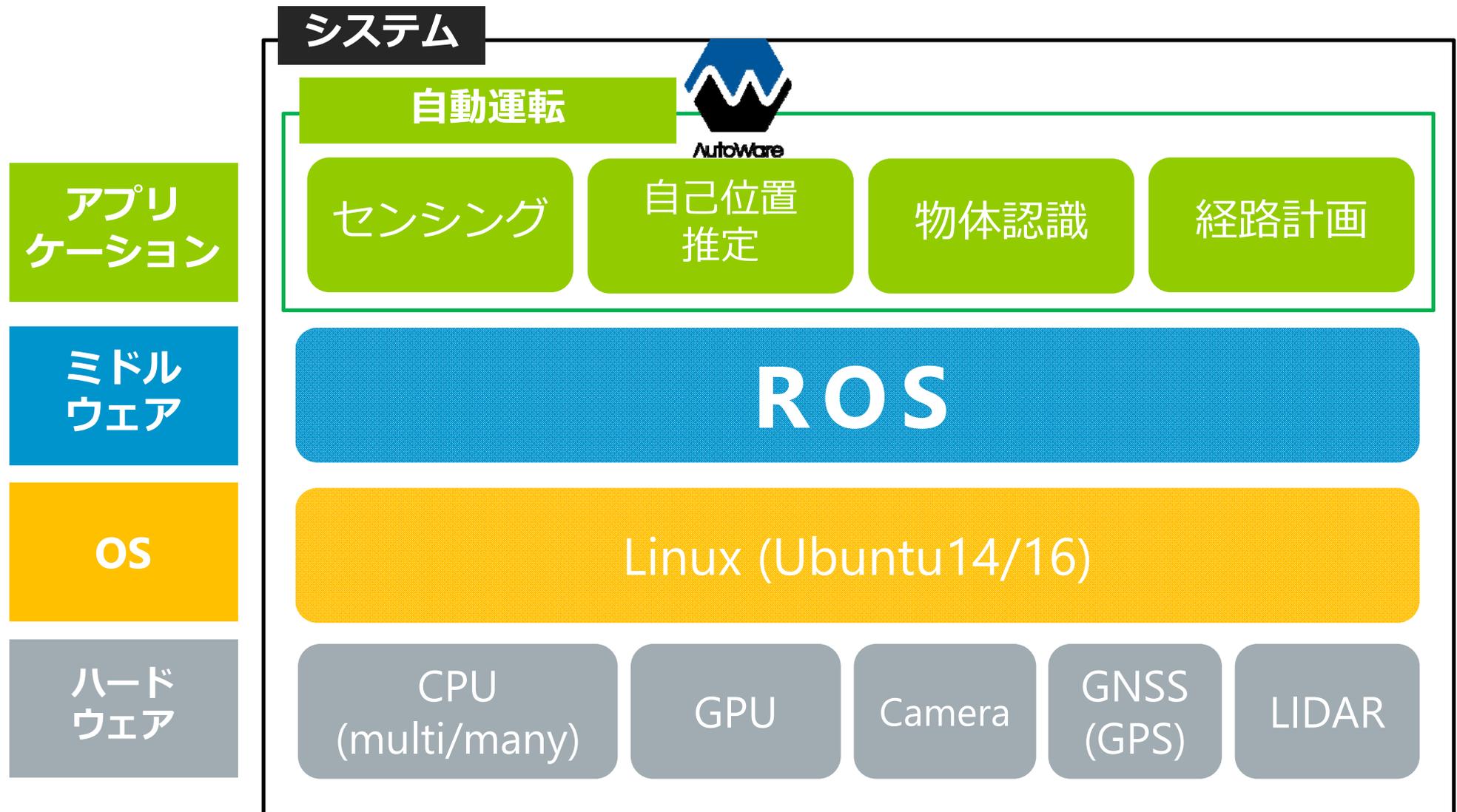
※SAE J3016（2016）
日本も2017年6月から5段階に



自動運転ソフトウェアの役目



Autowareの構成

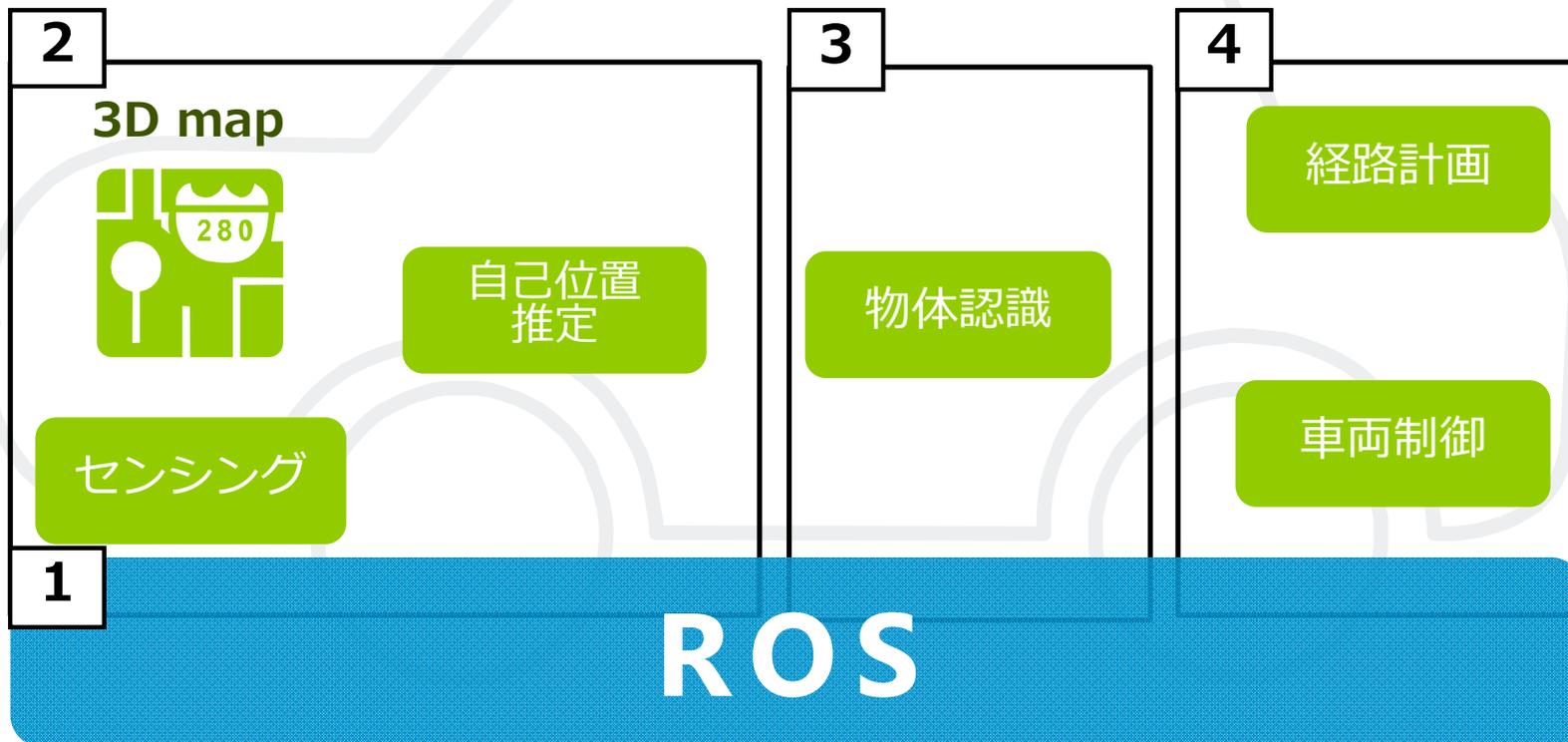


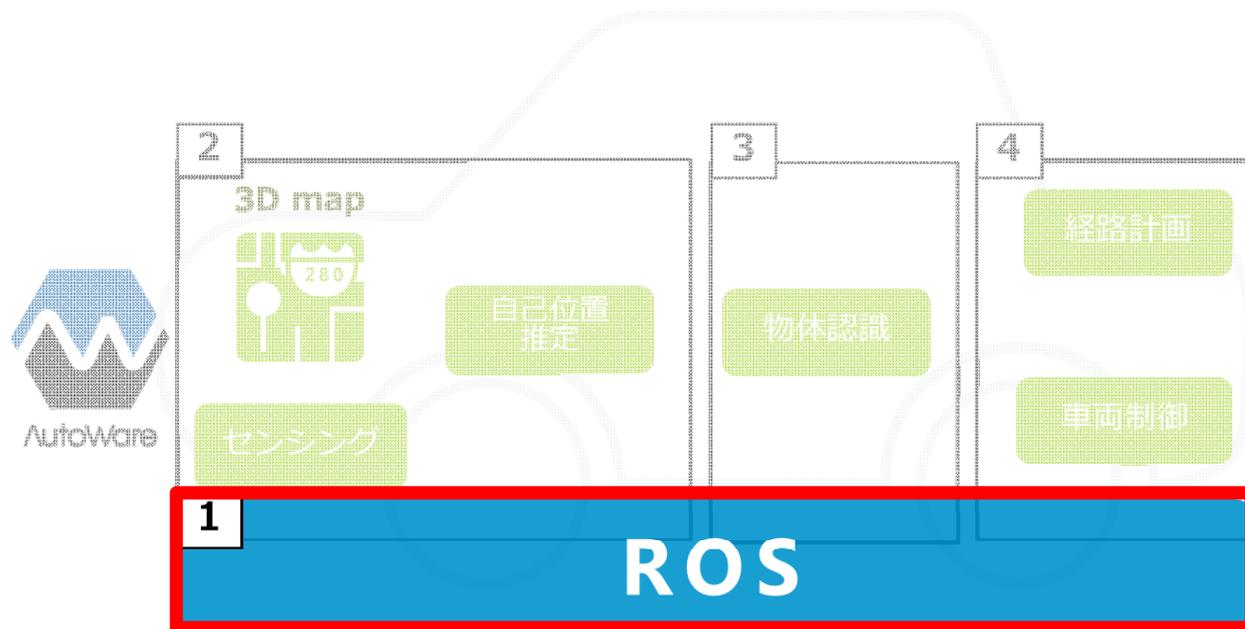
<https://github.com/CPFL/Autoware>

本日の講演の範囲



Interface





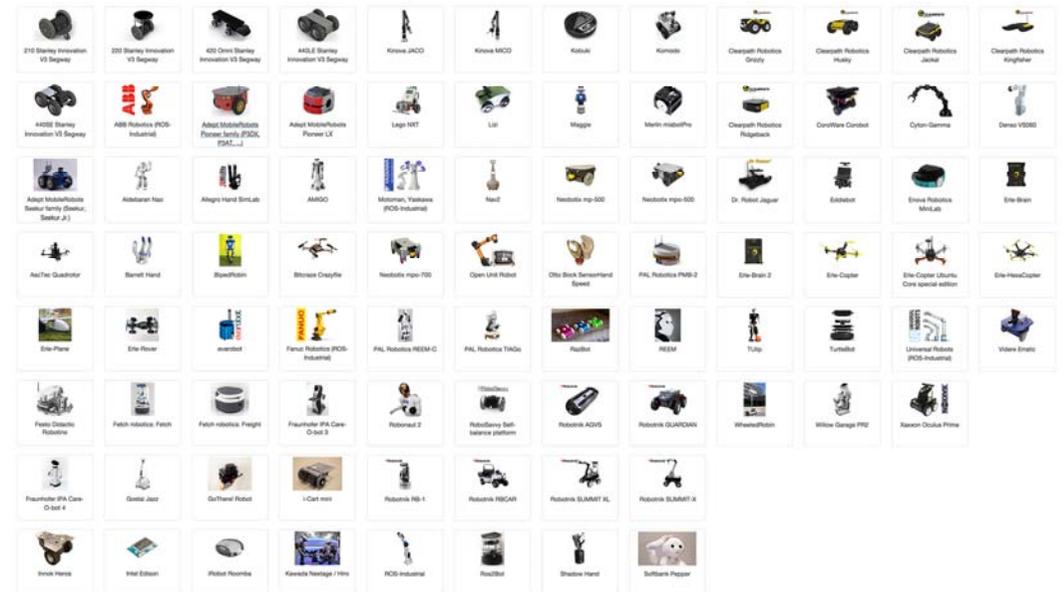
| ROS (Robot Operating System)

ROS (Robot Operating System)

: ロボット開発におけるライブラリやツールを提供
ハードウェアの抽象化、デバイスドライバ、ライブラリ、視覚化ツール、
データ通信、パッケージ管理 ...etc

特長

- 世界で最も利用されているロボットミドルウェア
- 豊富な対応ロボット・センサ
- オープンソース
- サポート言語 : C++, Python
- 管理団体 : OSRF
- 対応OS : Linux



ROS の 特長

ROS (Robot Operating System)

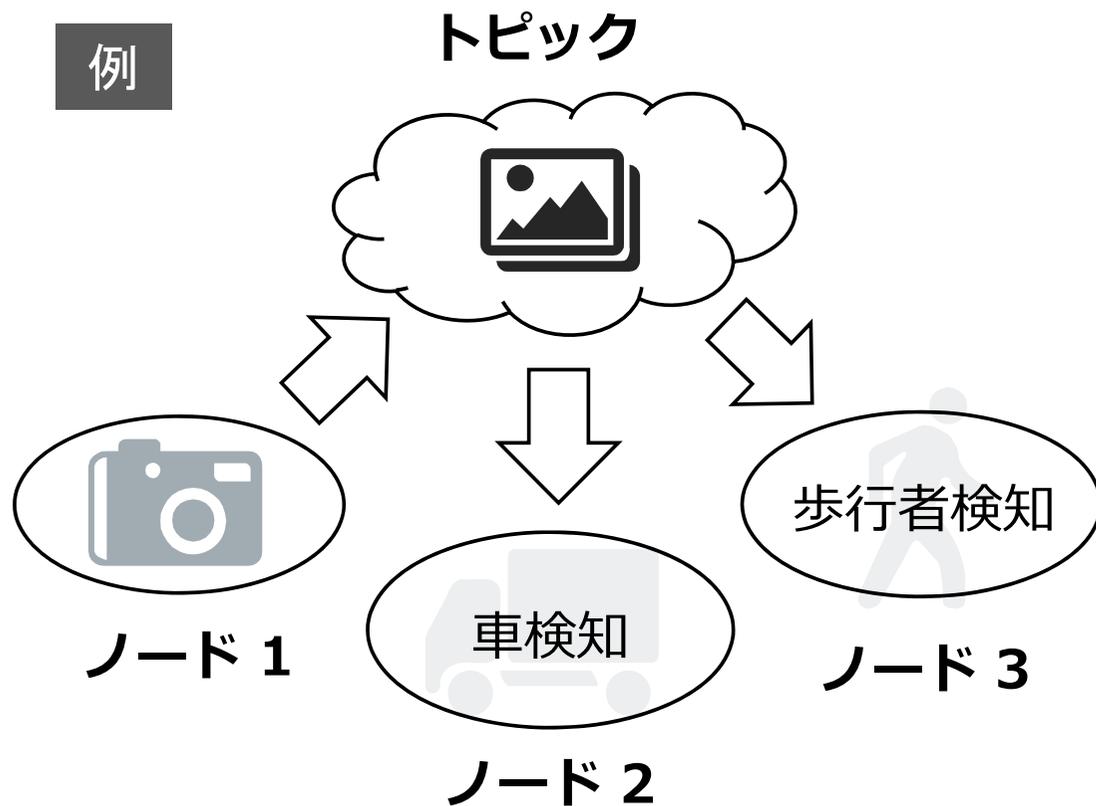
: ロボット開発におけるライブラリやツールを提供

ROS

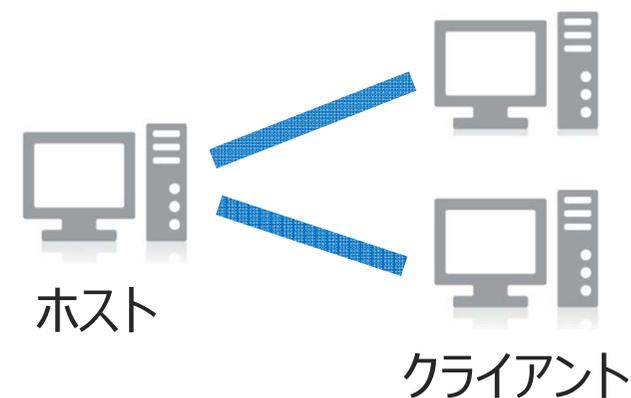
Publish / Subscribe モデル

- ノードの集合としてシステムを構築
- トピックを介してデータをやり取り

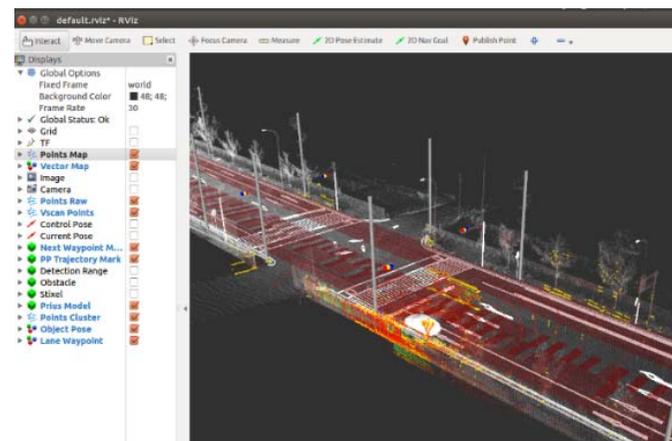
例



分散システム



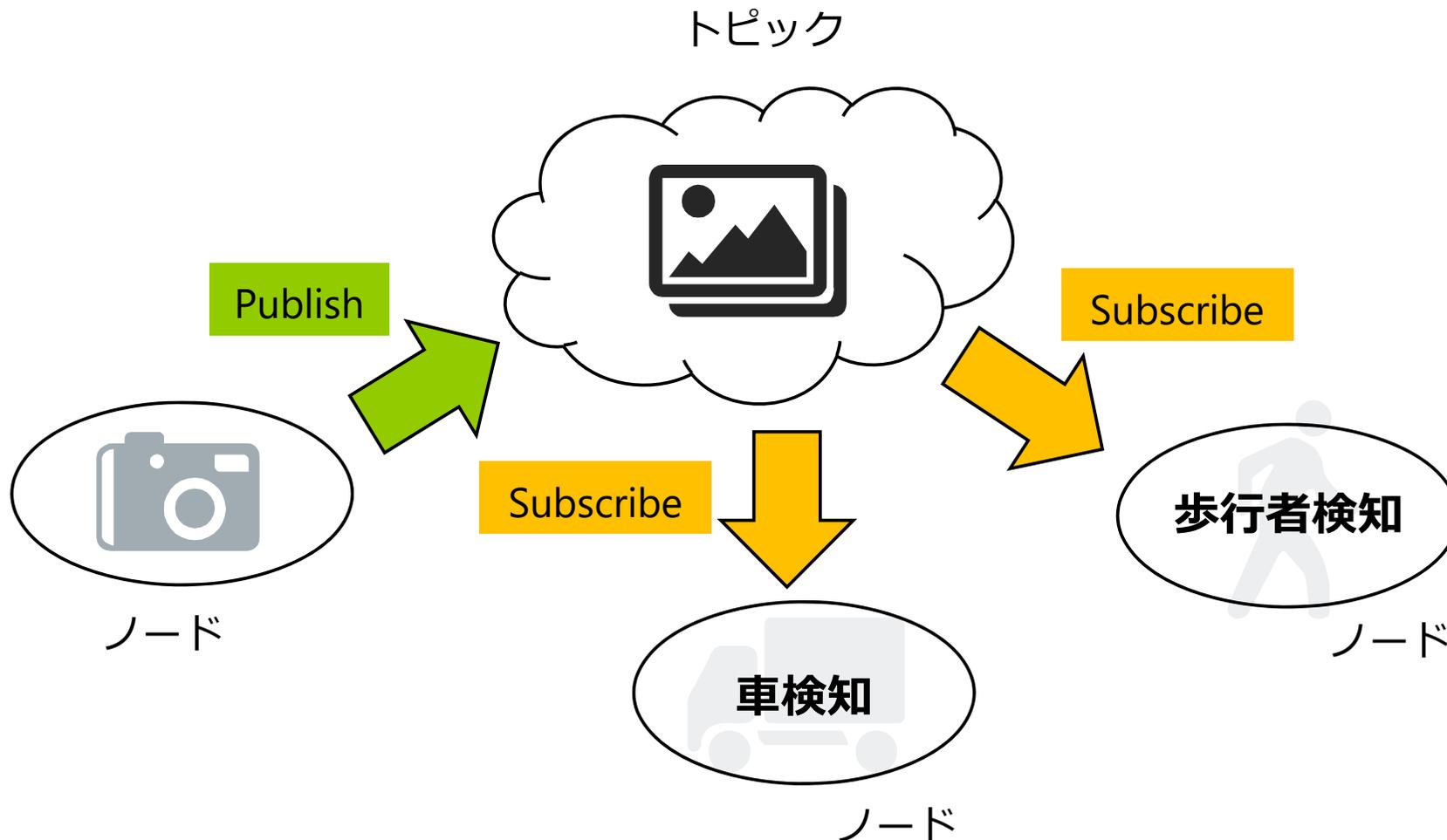
視覚化・シミュレーション



Publish / Subscribe モデル

処理を**ノード**として分割・管理し、**トピック**を介してデータのやり取りを行う。

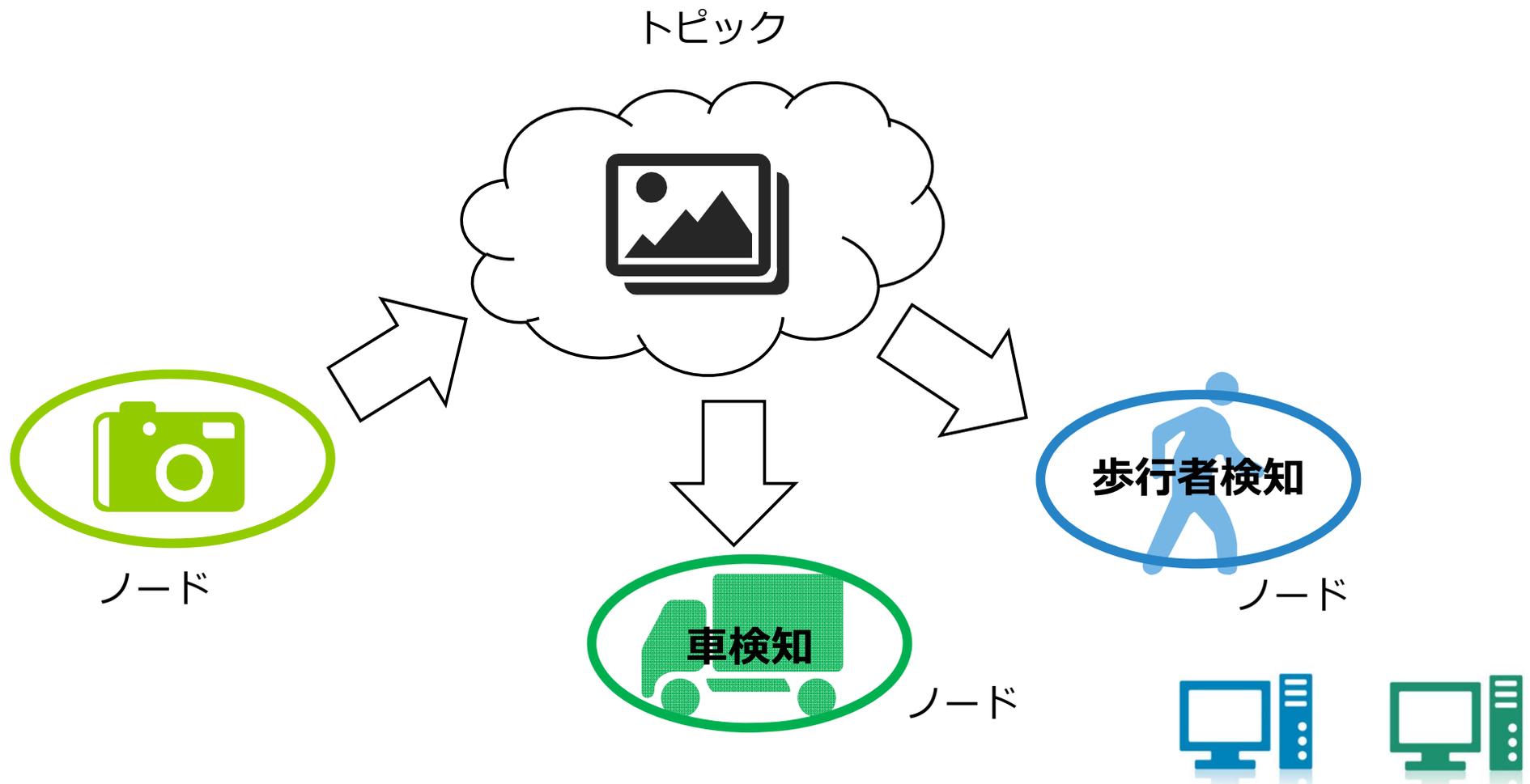
➡ 再利用性・生産性の向上, 分散環境への高い親和性, 障害分離



Publish / Subscribe モデル

処理を**ノード**として分割・管理し、**トピック**を介してデータのやり取りを行う。

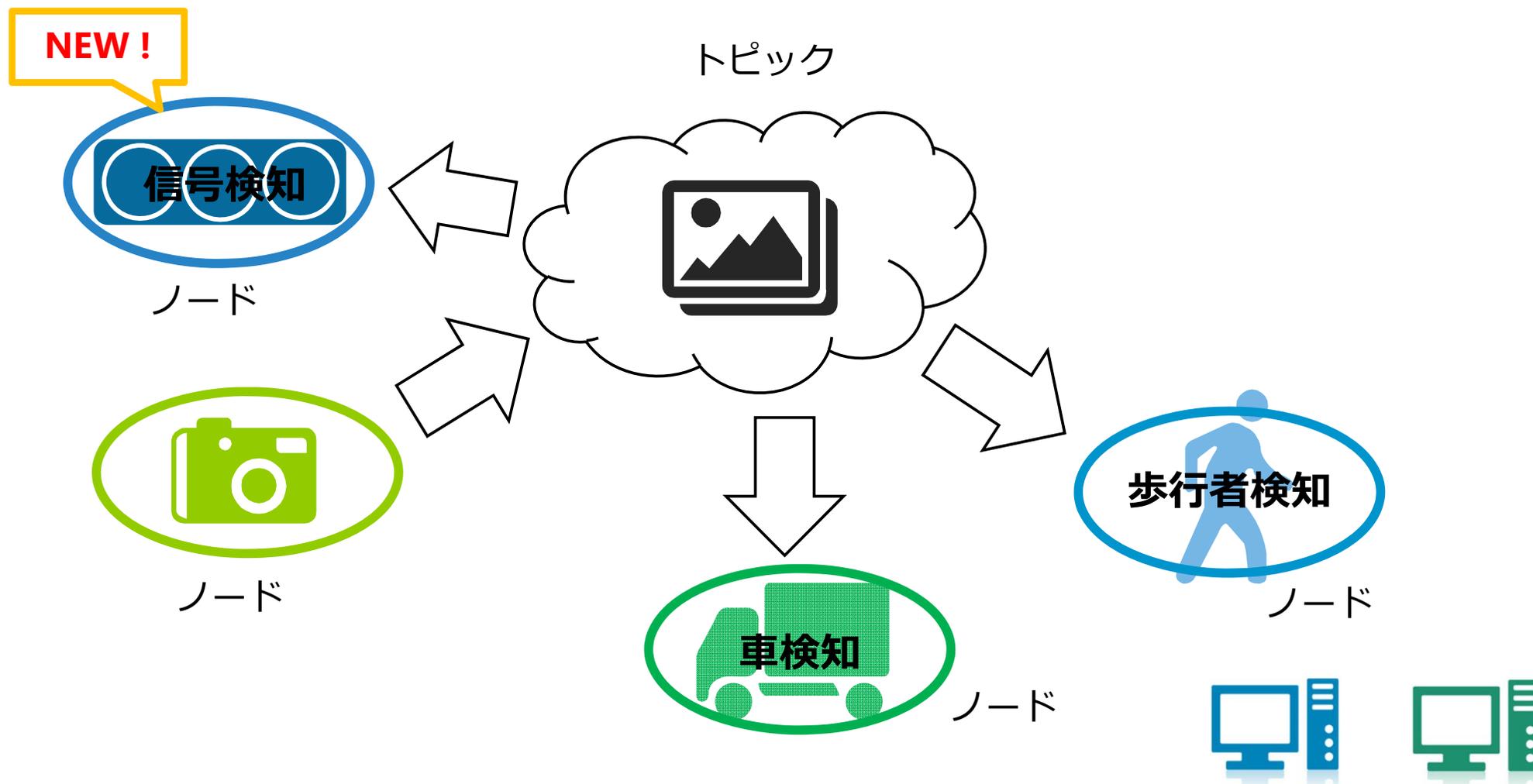
➡ 再利用性・生産性の向上, 分散環境への高い親和性, 障害分離



Publish / Subscribe モデル

処理を**ノード**として分割・管理し、**トピック**を介してデータのやり取りを行う。

➡ 再利用性・生産性の向上, 分散環境への高い親和性, 障害分離



データの保存 : rosbag

実データ（トピック情報）を保存可能

視覚化・シミュレーション

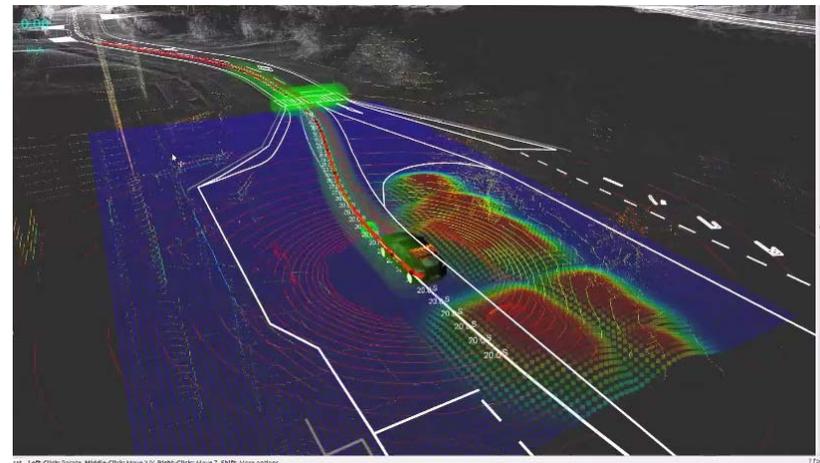


RViz: 3D視覚化ツール

簡単にシステム状態を視覚化可能

[再生データ]

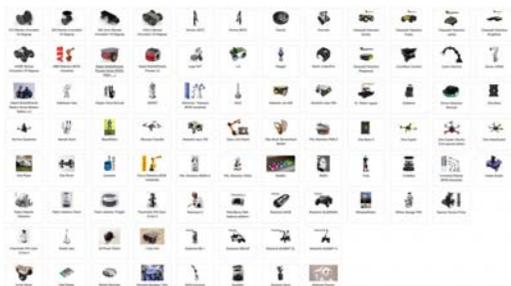
- 記録したセンサデータ（**rosbag**ファイル）
- 指定した値のデータ



ROS の 特長

ハードウェア

様々なロボットやセンサをサポート



パッケージ

2,000を超えるソフトウェアパッケージで効率的開発

ライブラリ

座標変換・画像処理・点群処理
など豊富にサポート

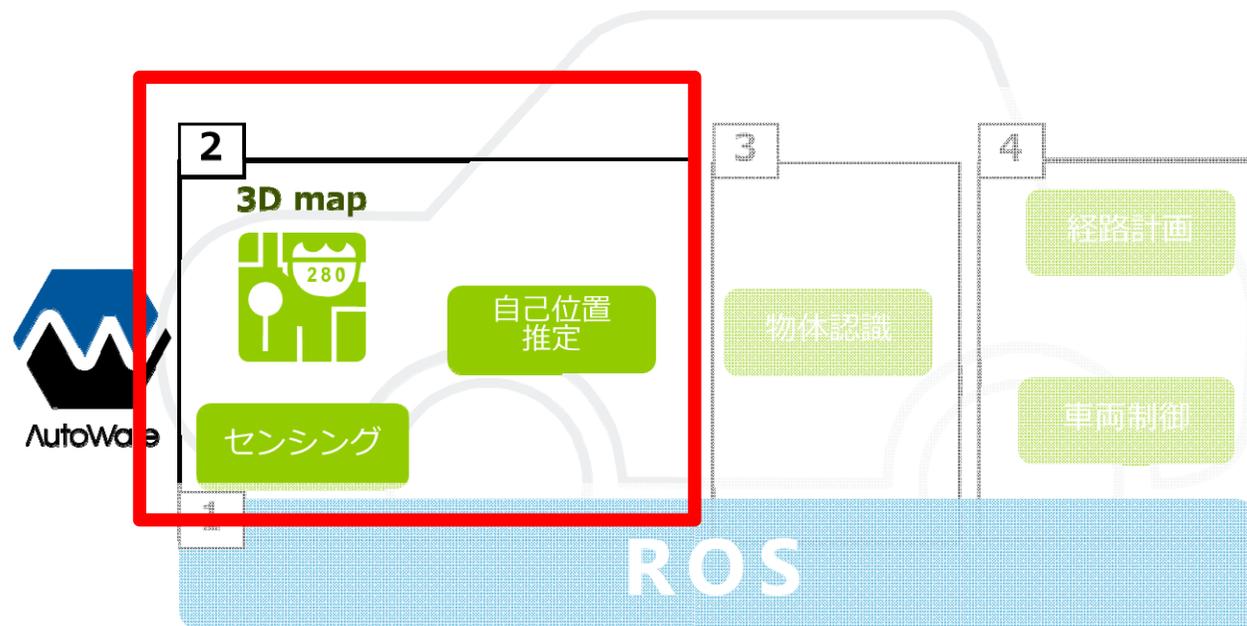


多くのソフトウェアが
オープンソースで

豊富なパッケージ
(デバイスドライバやライブラリ)



※RTMとの連携機能も提供：https://github.com/start-jsk/rtmros_common/



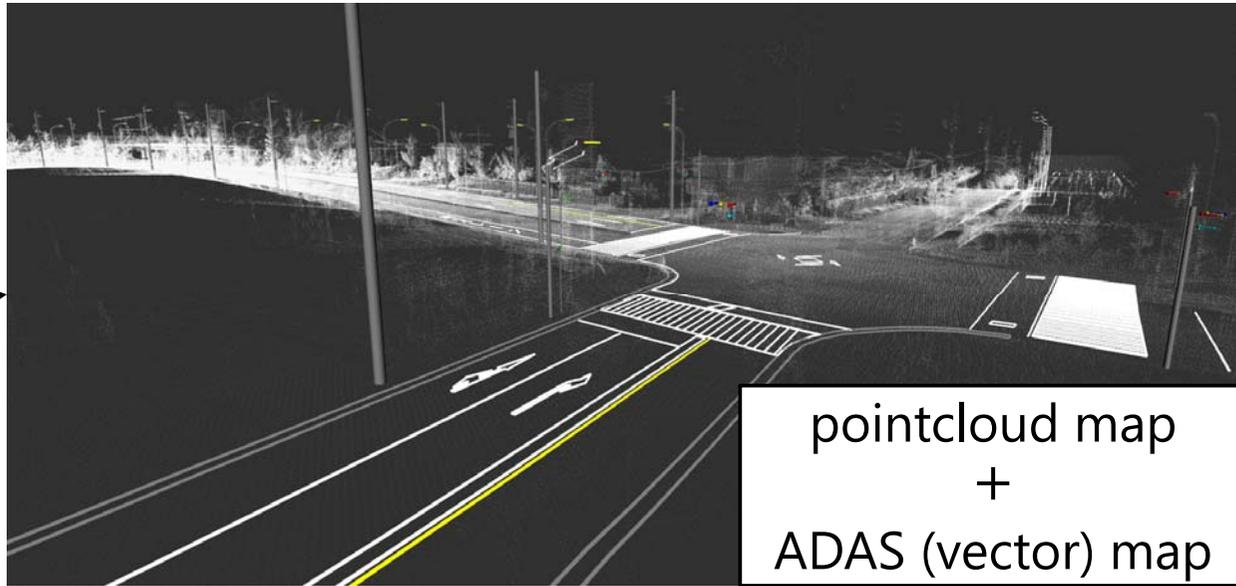
自己位置推定技術

高精度3次元地図

位置推定手法

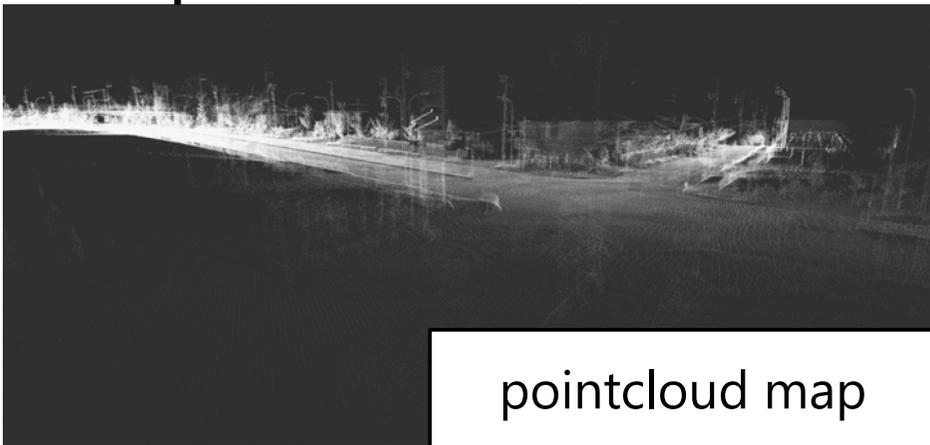
LIDARによる自己位置推定

高精度 3 次元地図



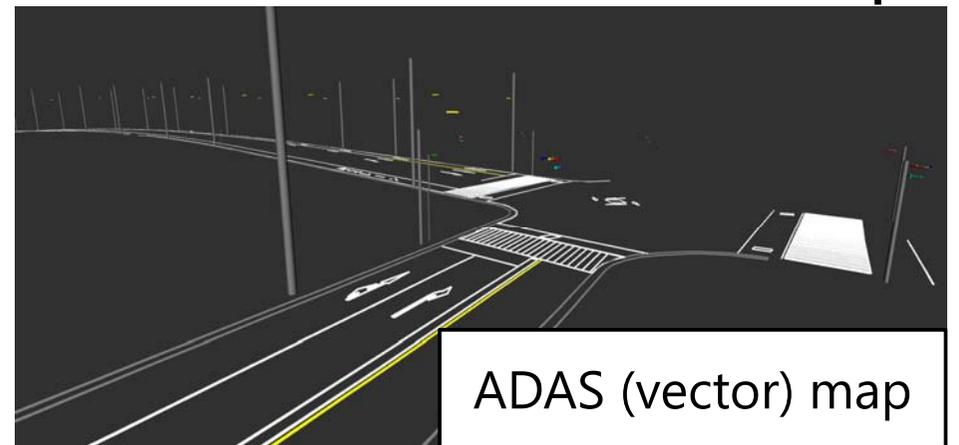
● ポイントクラウド地図

- ✓ 3次元座標(緯度・経度・標高)
- ✓ RGB値



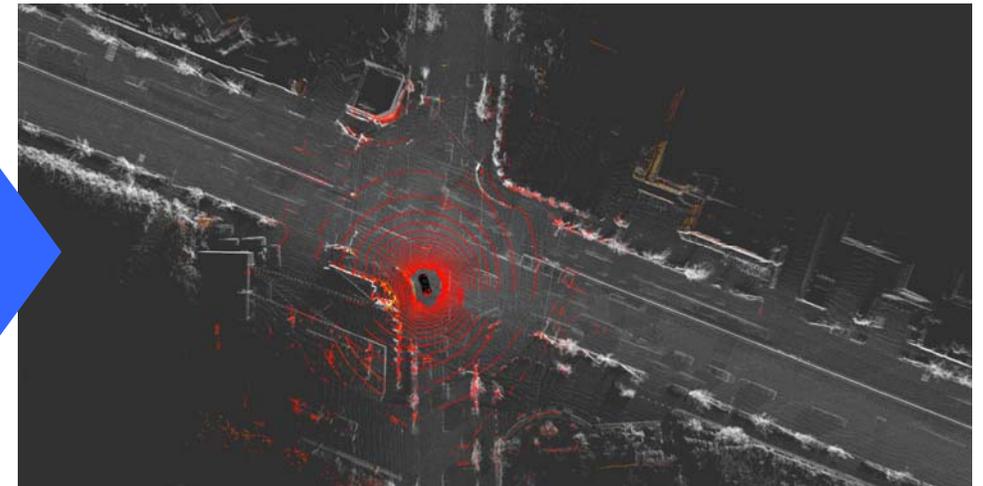
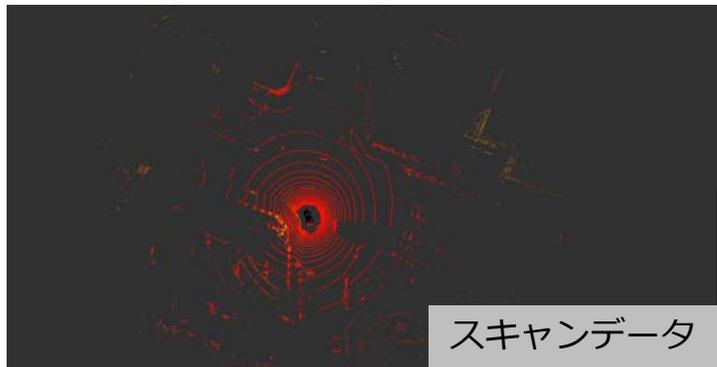
● ADAS地図 - 点群地図から地物を抽出

- ✓ 信号、路面標示 etc.



LIDARによる自己位置推定

地図データとスキャンデータがきれいに重なる座標変換を計算し、
地図内の位置・向きを算出

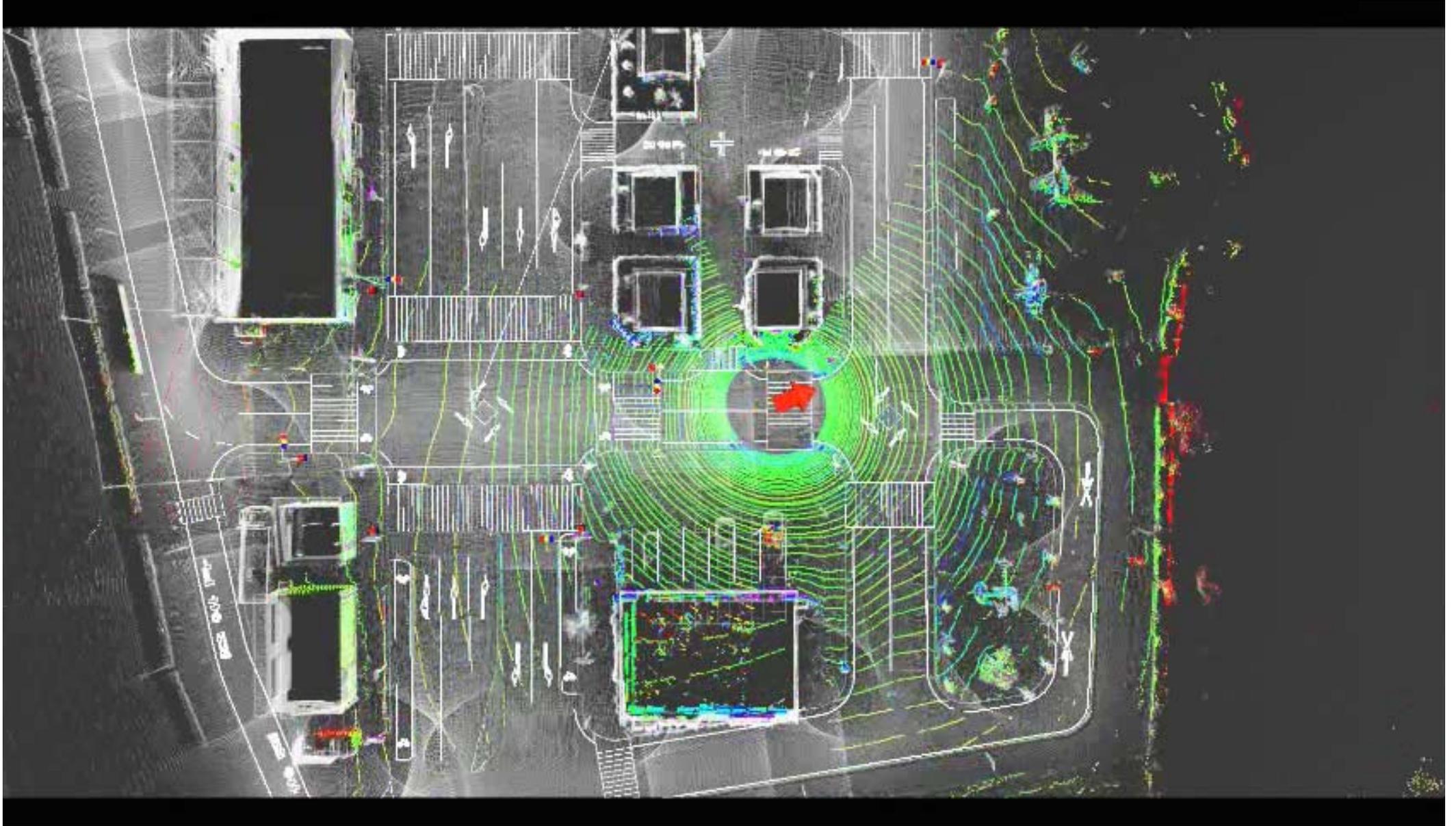


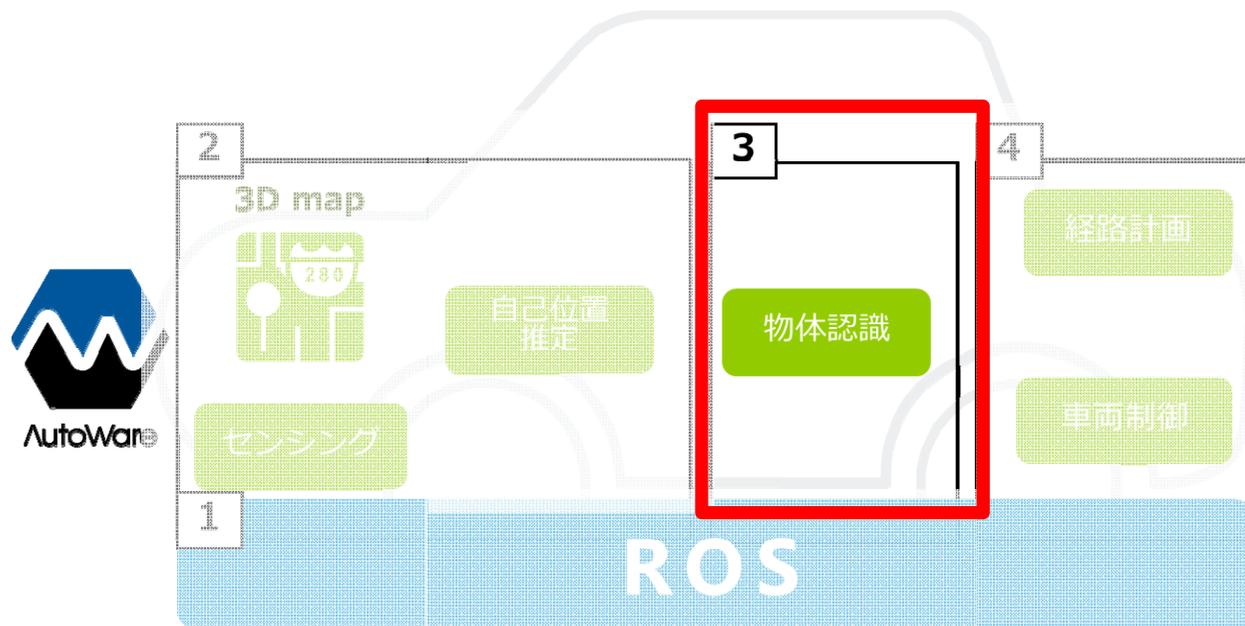
3次元地図とスキャンデータの座標変換を計算
車両の位置・向き

代表的なスキャンマッチングのアルゴリズム

- ICP (Iterative Closest Point) - P.J. Besl et al. (1992)
- 2D-NDT (Normal Distributions Transform) - P. Biber et al. (2003)
- 3D-NDT - E. Takeuchi et al. (2006) , M. Magnusson et al. (2007)

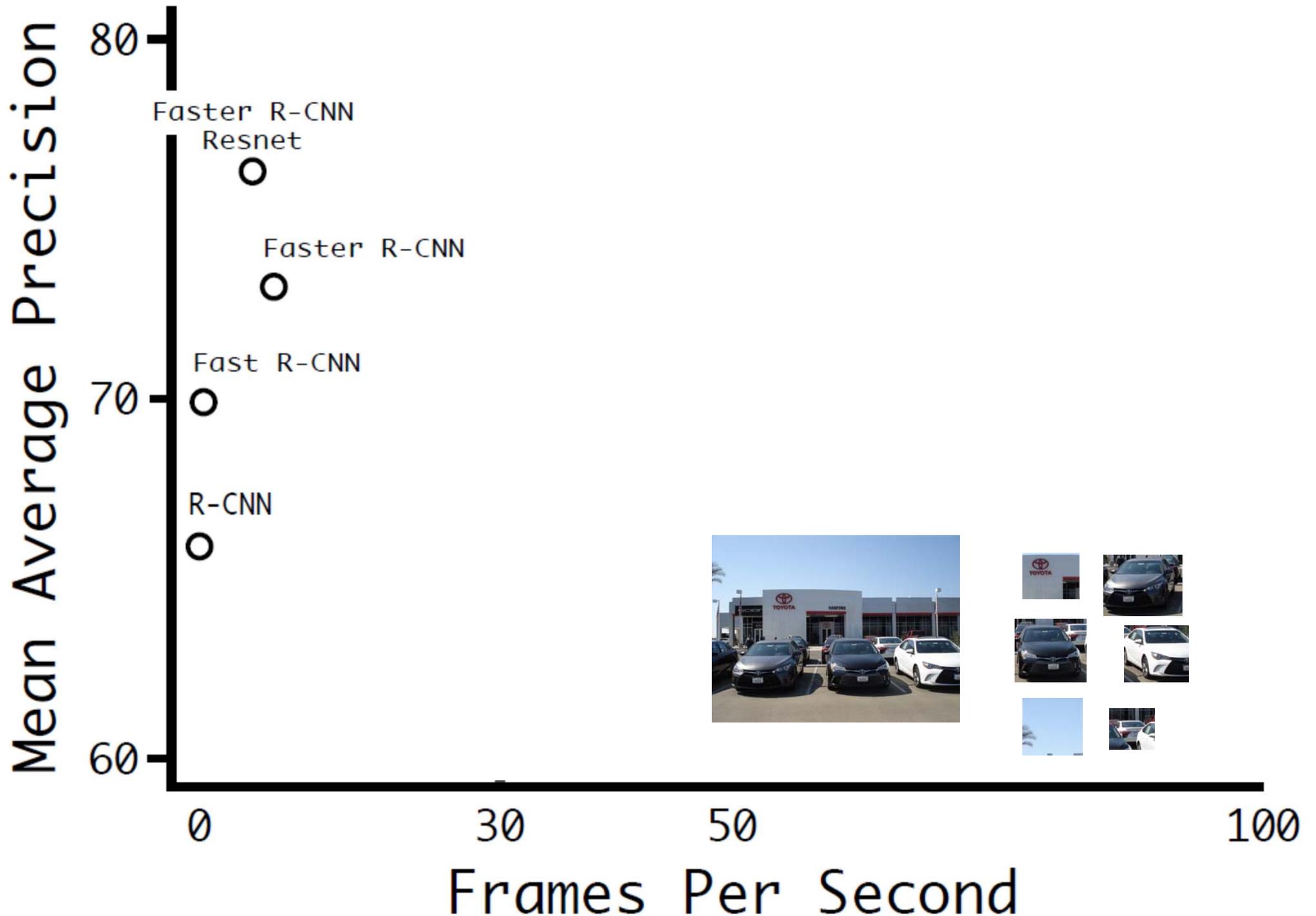
自己位置推定の様子





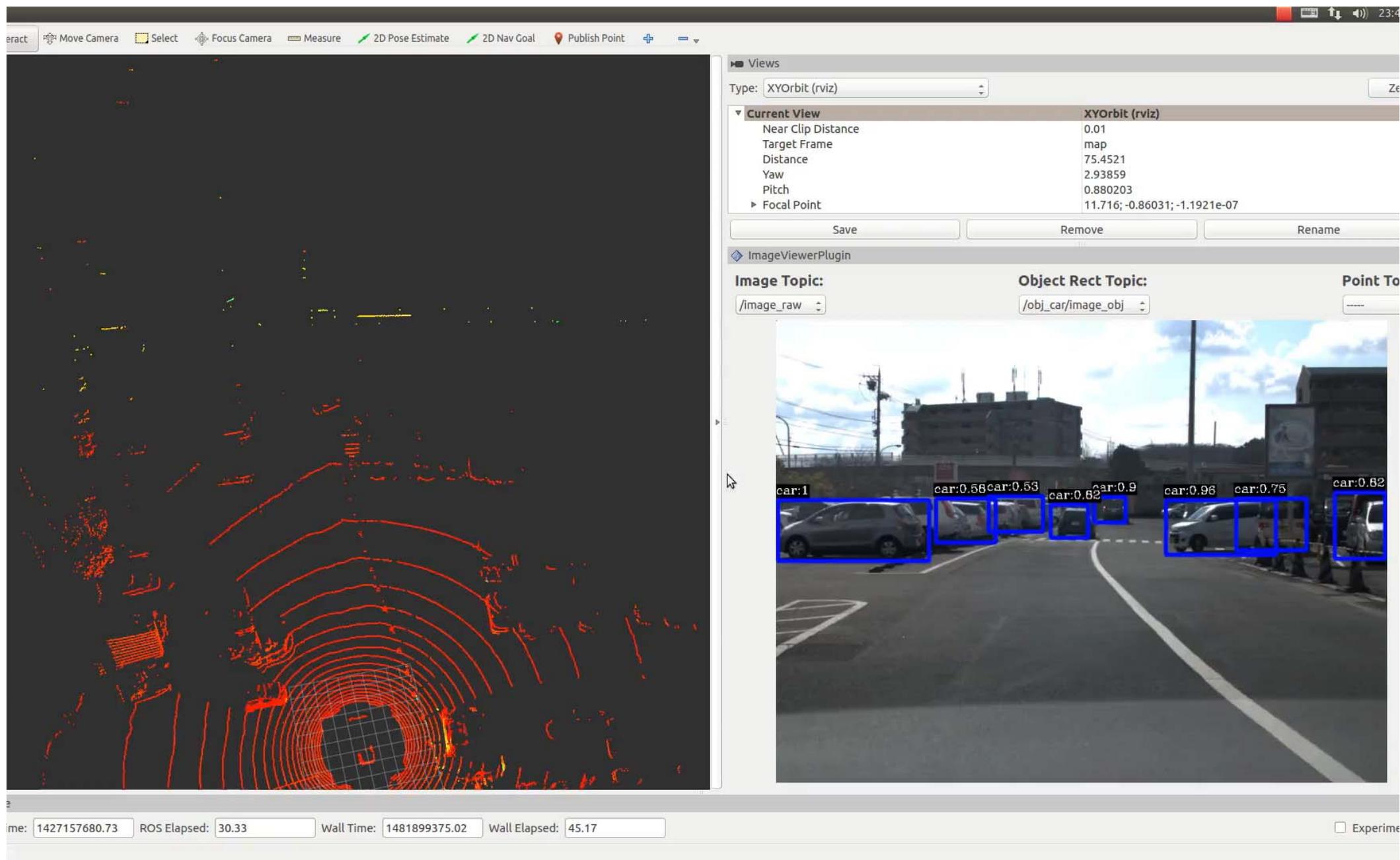
物体認識

最近のディープラーニング手法の傾向



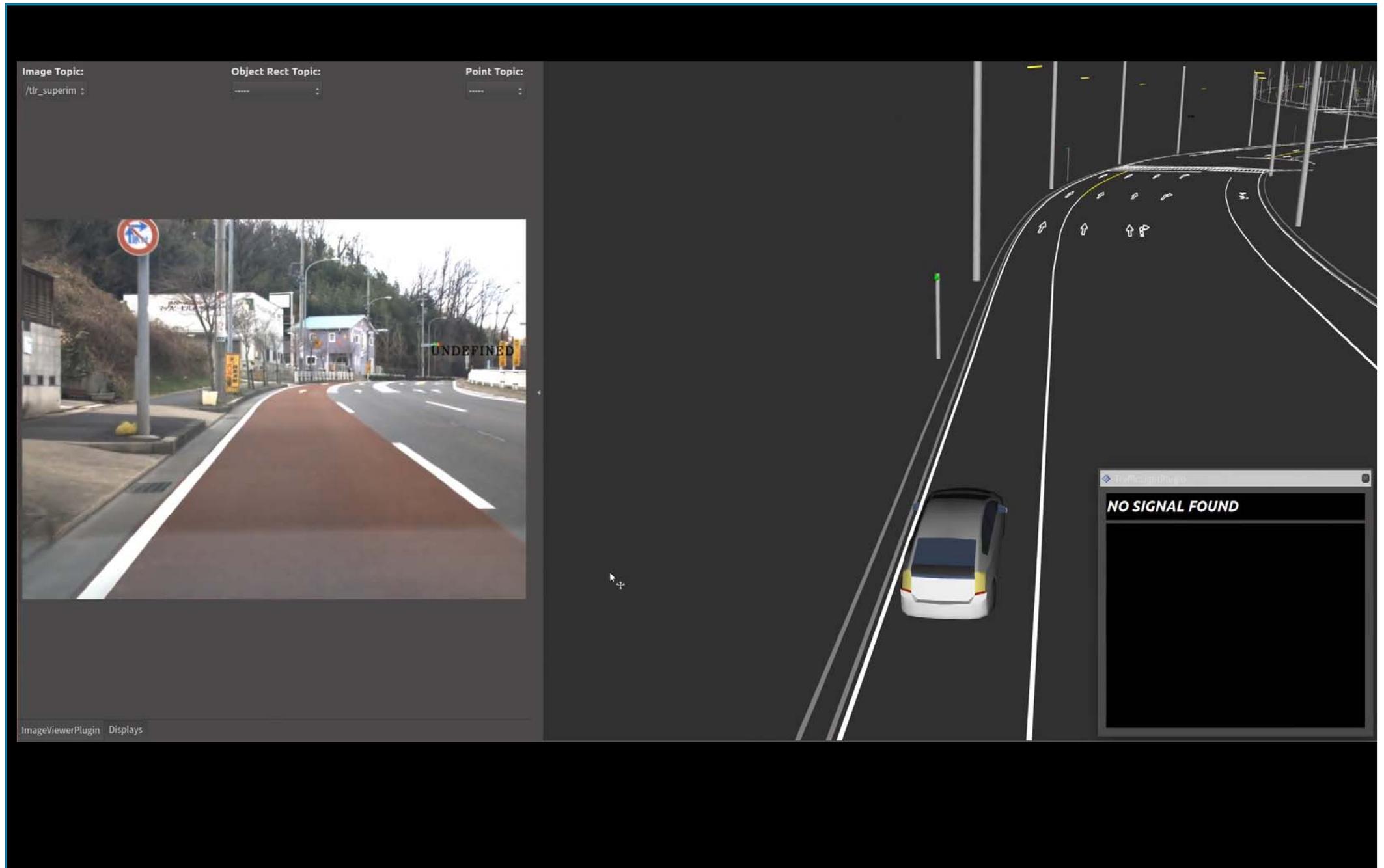
J. Redmon, and A. Farhadi, "YOLO9000: Better, Faster, Stronger", CVPR 2017

Autowareの認識の例 (SSD)

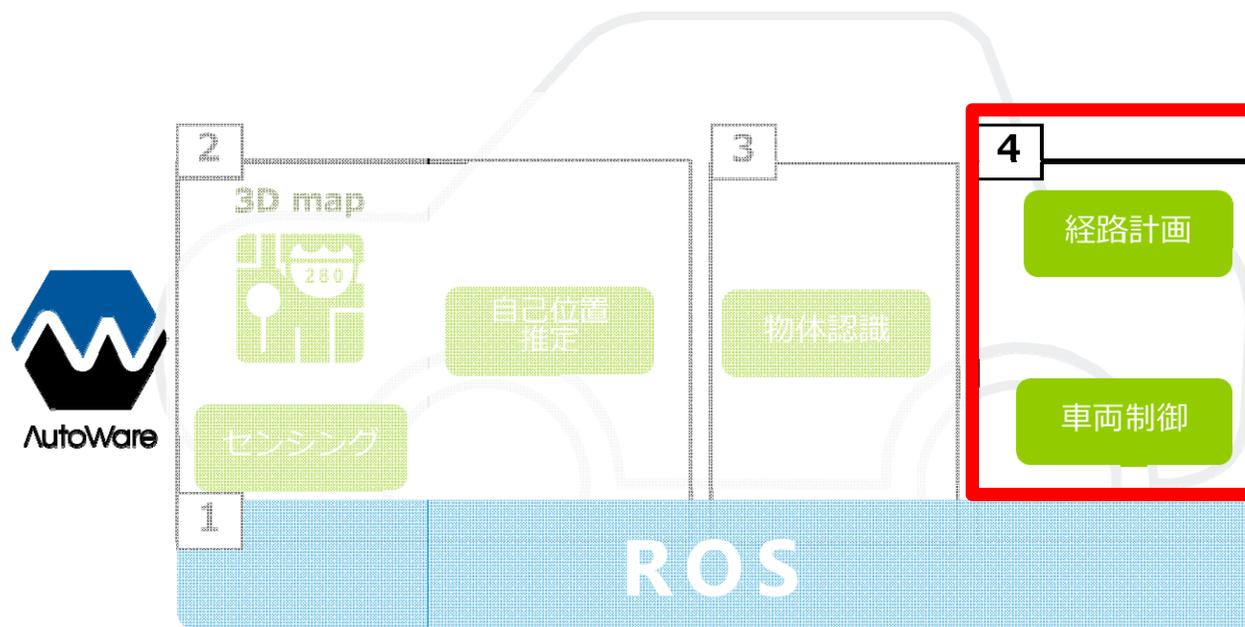


<https://youtu.be/EjamMJkjBA>

Autowareの信号認識



<https://youtu.be/KmOdBms9r2w>

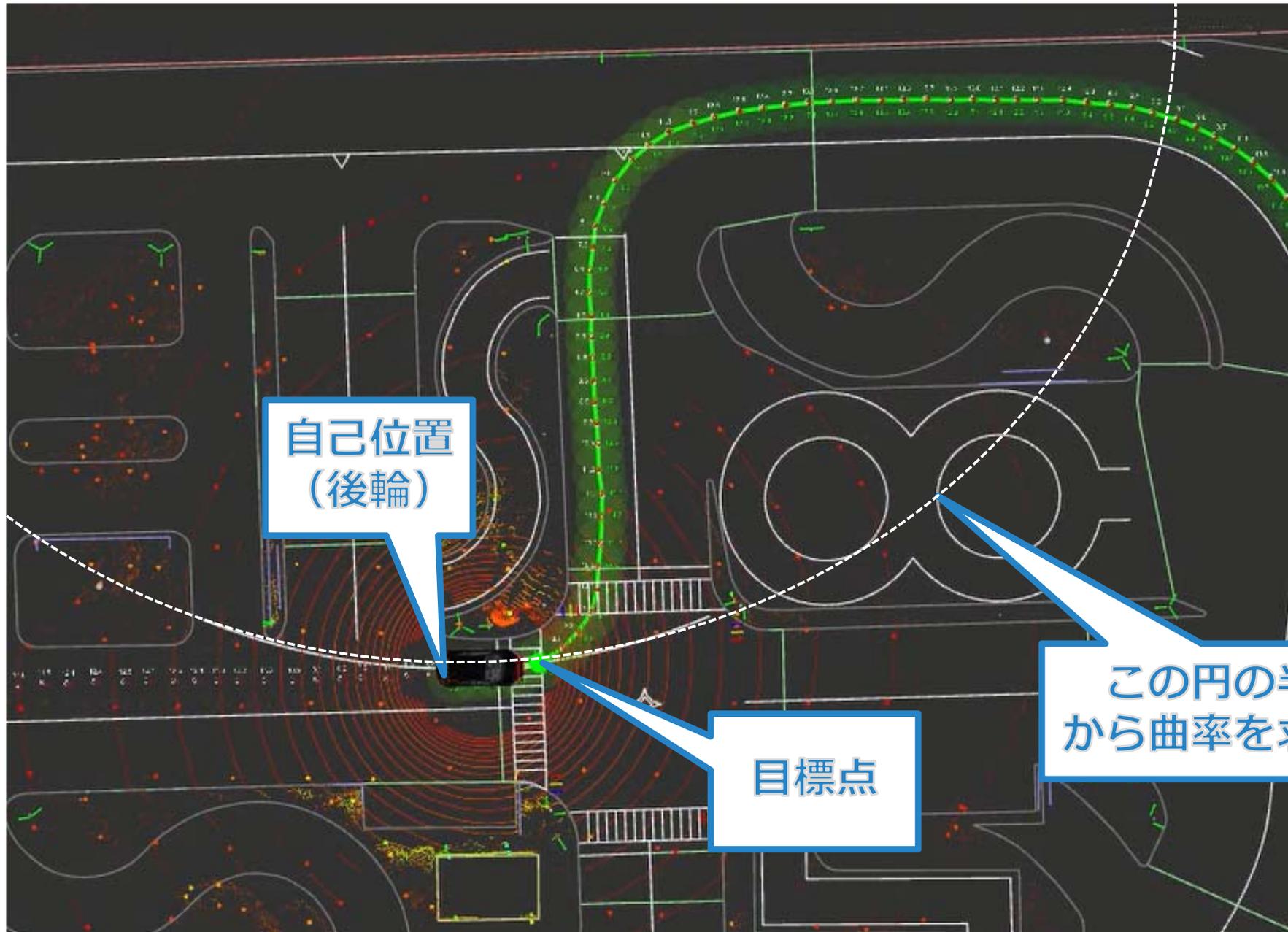


経路計画・車両制御

Pure Pursuit

※ R Craig Coulter. "Implementation of the Pure Pursuit Path Tracking Algorithm".
Technical Report CMU-RI-TR-92-01, Robotics Institute, Pittsburgh, PA, January 1992.

経路上の**目標点**と**自己位置**の情報を基に車両制御信号を計算



事例紹介 & 最新情報

- 対象者
- コンセプト
- 4つの価値
- 講師紹介
- プログラム
- 受講後サポート・サービス
- 開催概要

お問合せ

お申込み

Second Season Tier IV Academy

新規事業に必須の2大テーマ

人工知能(AI)・自動運転 テクノロジー体験塾

テクノロジー×ビジネス

AI、自動運転、
IoT、ビッグデータ...
新規事業のヒントを
つかむ。

次回秋開催予定



卓越した見識と実績を誇る講師による
AI・自動運転
**最前線&
未来展望セミナー**

AIをテーマとした新規事業創出の
実践ワークショップ

自分の手で自動運転システムをつくる
ソフトウェア演習

自動運転システムの世界を体感する
「完全自動運転車」実習

公道実験：常滑@愛知県

https://youtu.be/npQMzH3j_d8



採用事例：日本郵便

ANN
NEWS

午前10時半すぎ

日本郵便 自動運転実験へ
都内の目抜き通り2kmで

日本郵便(12日~16日)

千代田霞が関郵便局~銀座郵便局(2km)を
自動運転車で荷物を運ぶ実証実験



Shinpei Kato, Shota Tokunaga, Yuya Maruyama, Seiya Maeda, Manato Hirabayashi, Yuki Kitsukawa, Abraham Monrroy, Tomohito Ando, Yusuke Fujii, and **Takuya Azumi**, "Autoware on Board: Enabling Autonomous Vehicles with Embedded Systems," *In Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems (ICCPS2018)*, Porto (aka Oporto), Portugal, Apr. 2018. (accepted)

デモンストレーション 1 -経路計画- : MATLAB シミュレーション

The image displays a ROS simulation environment. On the left, the RViz window shows a 3D view of a road with a black car labeled 'velodyne' and various sensor data points. The top toolbar includes 'Interact', 'Move Camera', 'Select', 'Focus Camera', 'Measure', '2D Pose Estimate', '2D Nav Goal', and 'Publish Point'. The bottom status bar shows 'ROS Time: 162283.84', 'ROS Elapsed: 41.93', 'Wall Time: 1487590578.34', 'Wall Elapsed: 91.95', and '17 fps'.

On the right, the RQT window shows a Node Graph and a Runtime Manager. The Node Graph displays a network of nodes including 'points_map_loader', 'vector_map_loader', 'joint_state_publisher', 'velodyne_nodelet', 'driver_nodelet', 'robot_state_publisher', 'voxel_grid_filter', 'ndt_matching', and 'vel_pose_mux'. The Runtime Manager shows a ROS bag file being played at a rate of 0.6, with a progress bar at 30%. Below the bag information, a CPU usage bar shows the following usage for CPUs 0 through 7: 30.8%, 41.7%, 50.0%, 40.0%, 81.8%, 50.0%, 27.3%, and 30.8% respectively. The total memory usage is 3GB/31GB (12%).

作成協力：徳永（阪大）

<https://youtu.be/X4d9VbXnPeg>

メモリーコアの有効性事前調査 (世界初)

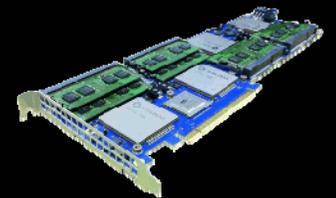
IEEE ICCD2017で発表 ※コンピュータアーキテクチャのトップカンファレンス

利用コア数：16コア、センサ周期（デットライン）：100ms

NDT Matching Localization on KALRAY MPPA256



KALRAY MPPA256



<https://youtu.be/wZyqF90c5b8>

まとめ

●自動運転 / Autoware の特長と最新動向

- ROS
- 自己位置推定技術
- 環境認識技術
- 経路計画・車両制御技術

