

自動運転システムにおける 高性能計算技術の応用

加藤真平

名古屋大学大学院情報科学研究科 准教授



自動運転システムにおける高性能計算技術の応用

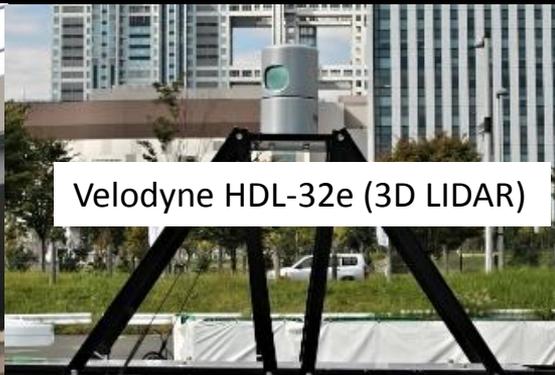


自動運転システムにおける高性能計算技術の応用

Velodyne HDL-64e (3D LIDAR)



Velodyne HDL-32e (3D LIDAR)



HOKUYO UTM-30LX (LIDAR)



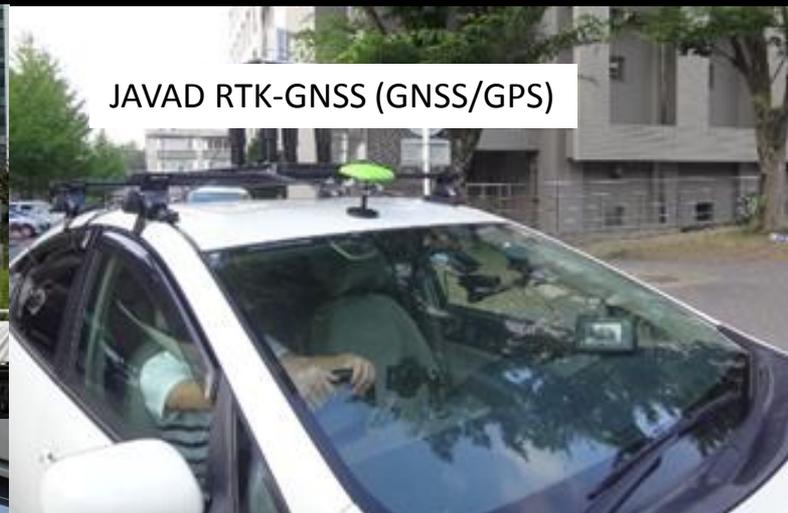
Point Grey Ladybug 5 (Camera)



IBEO LUX 8L (3D LIDAR)



JAVAD RTK-GNSS (GNSS/GPS)



Point Grey Grasshopper3 (Camera)



Workstation



Laptop PC



6:15

自動走行車
名古屋大学の開発は





自動運転システムにおける高性能計算技術の応用





自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



2013

2014

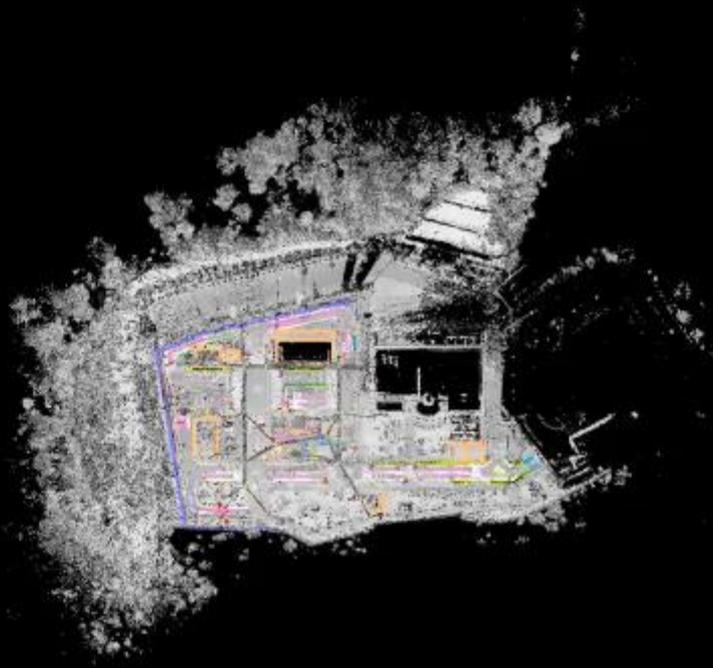
2015



ZMPロボカー



アイサンテクノロジー
高精度地図



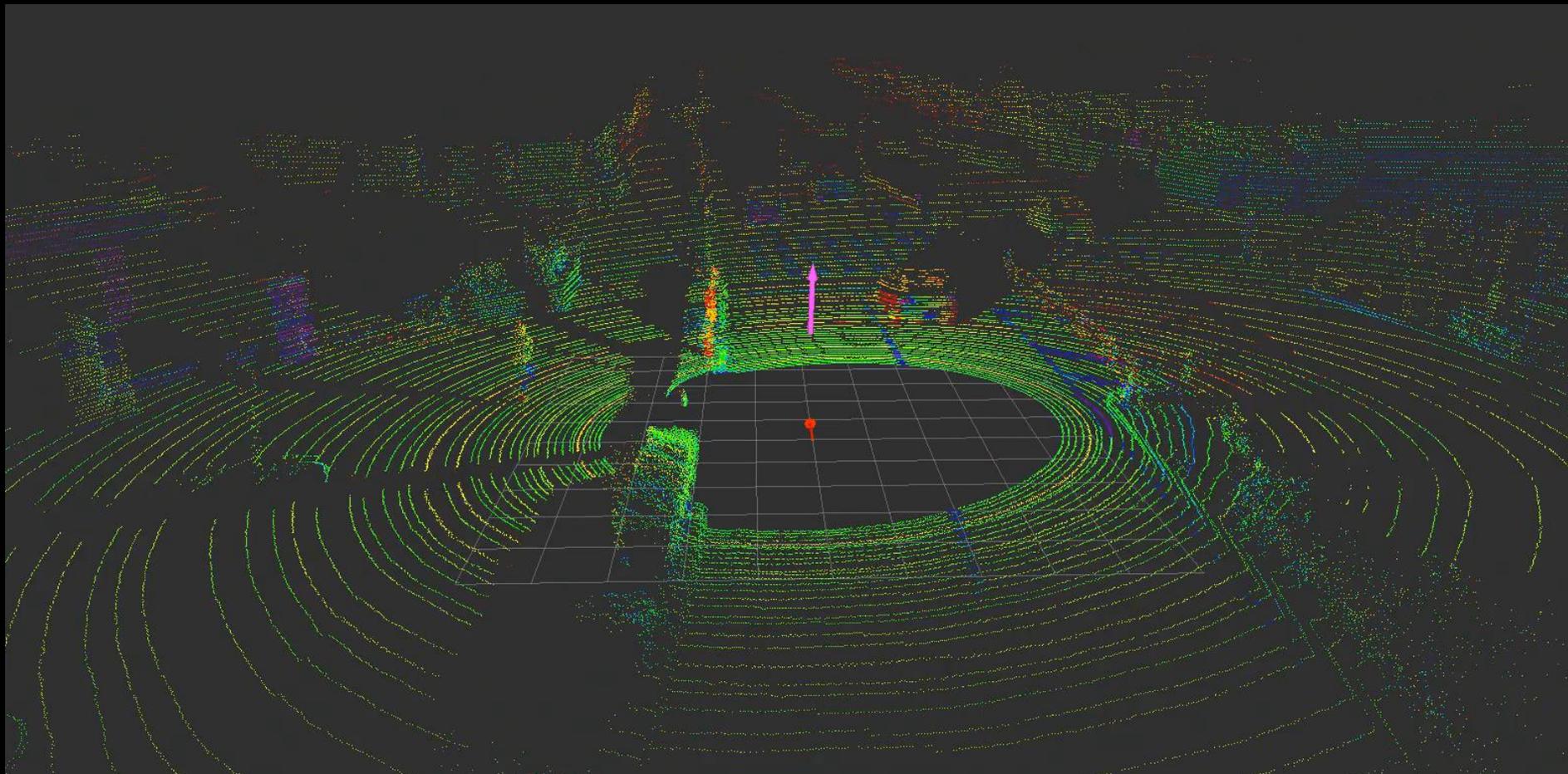
提供:アイサンテクノロジー株式会社
国立大学法人 名古屋大学

3次元レーザー스キャン



Velodyne社製3次元LIDARスキャナ
(左から64層、32層、16層)

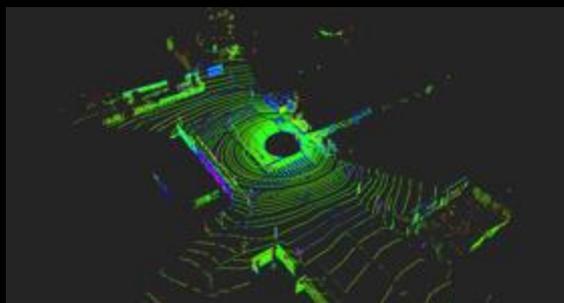
自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



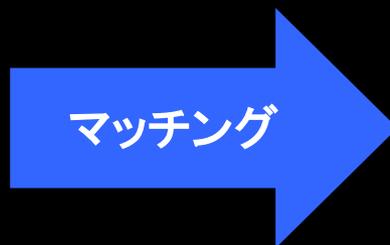
3次元レーザースキャンと高精度3次元地図データを重ね合わせて自車位置を推定（SLAM技術）



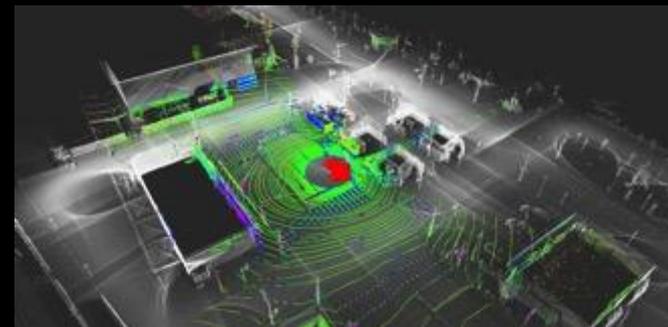
3次元地図データ



3次元レーザースキャン



マッチング

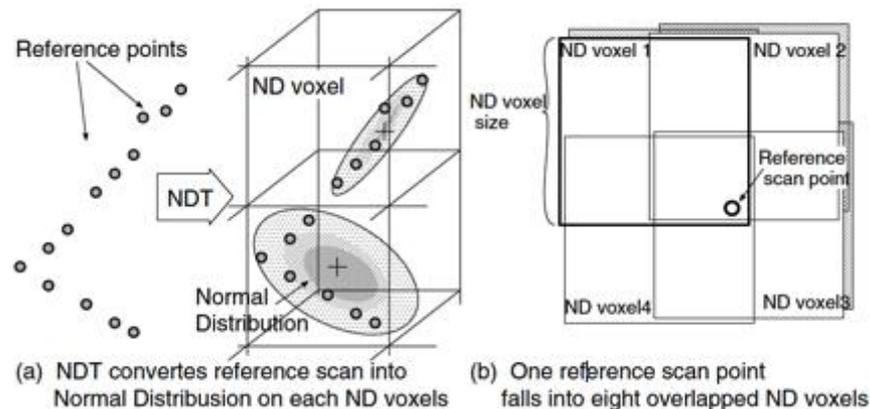


自車位置

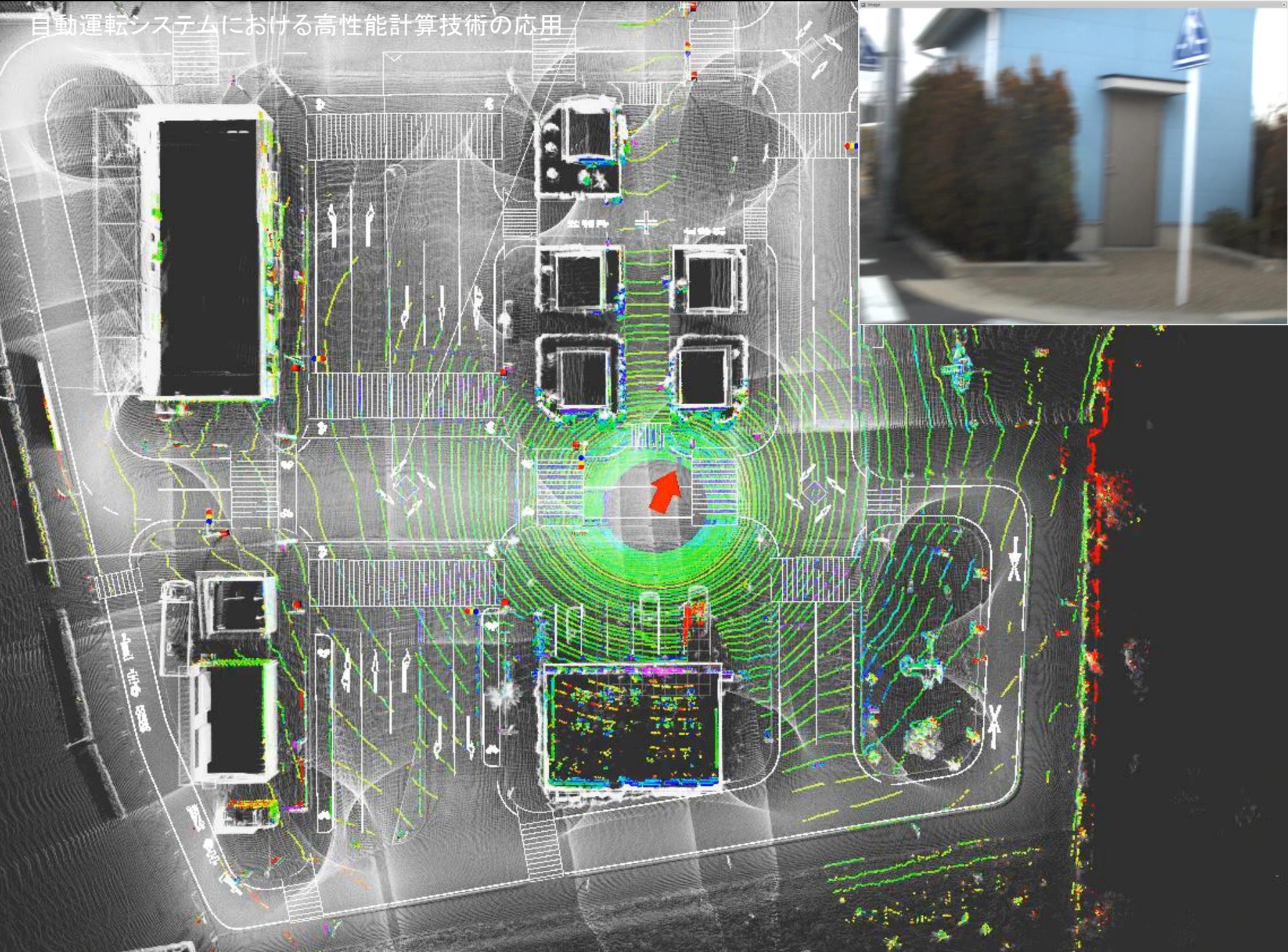
位置推定 (スキャンマッチング)

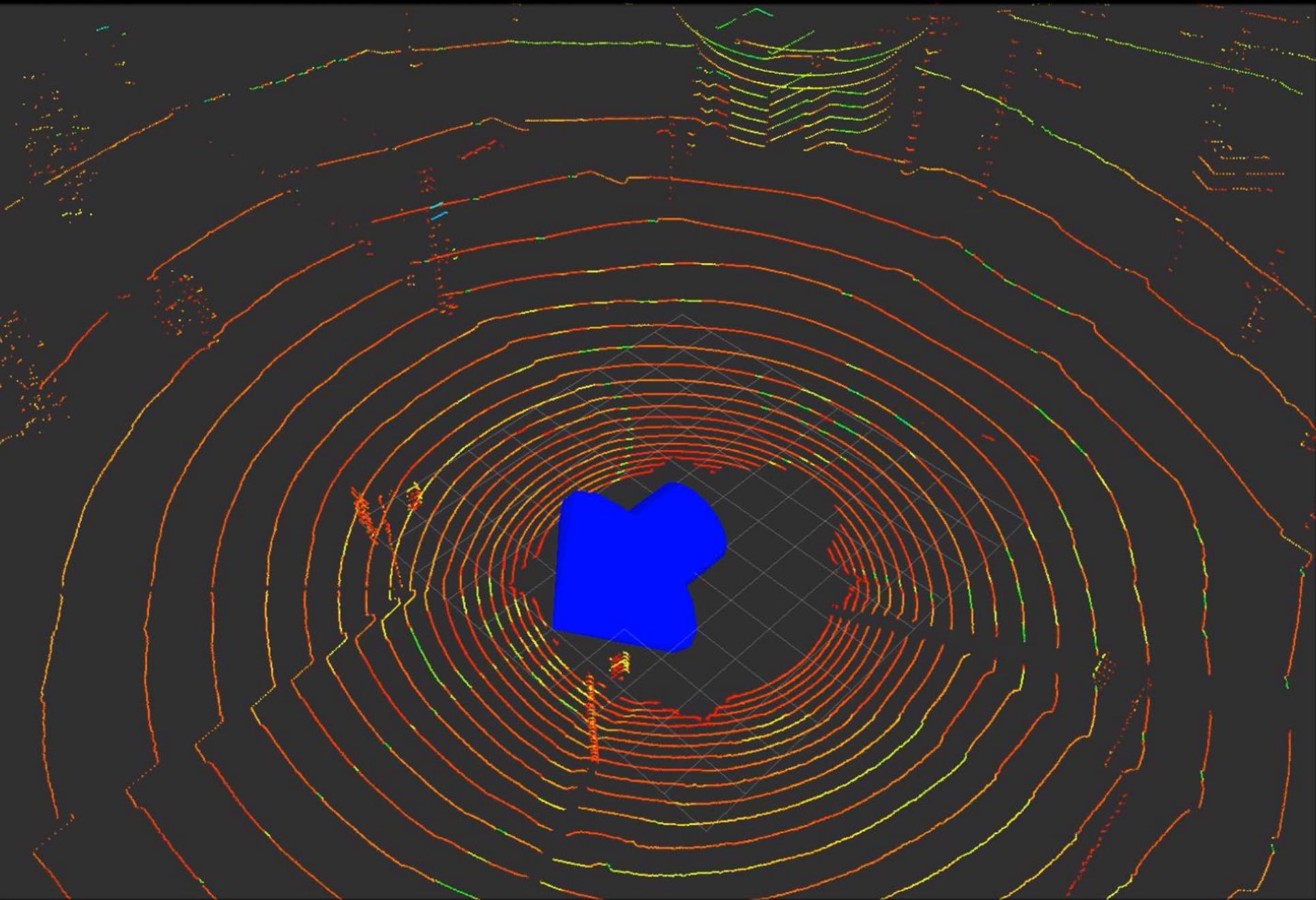
Normal Distributions Transform (NDT)

- 地図空間を**ボクセル**(立方体)に区切り、ボクセルごとの点の集合を**正規分布**で近似
- 計算量は、スキャンデータの大きさに比例し、地図データの大きさに依存しない
(参考: ICPの場合は地図データの大きさにも比例)

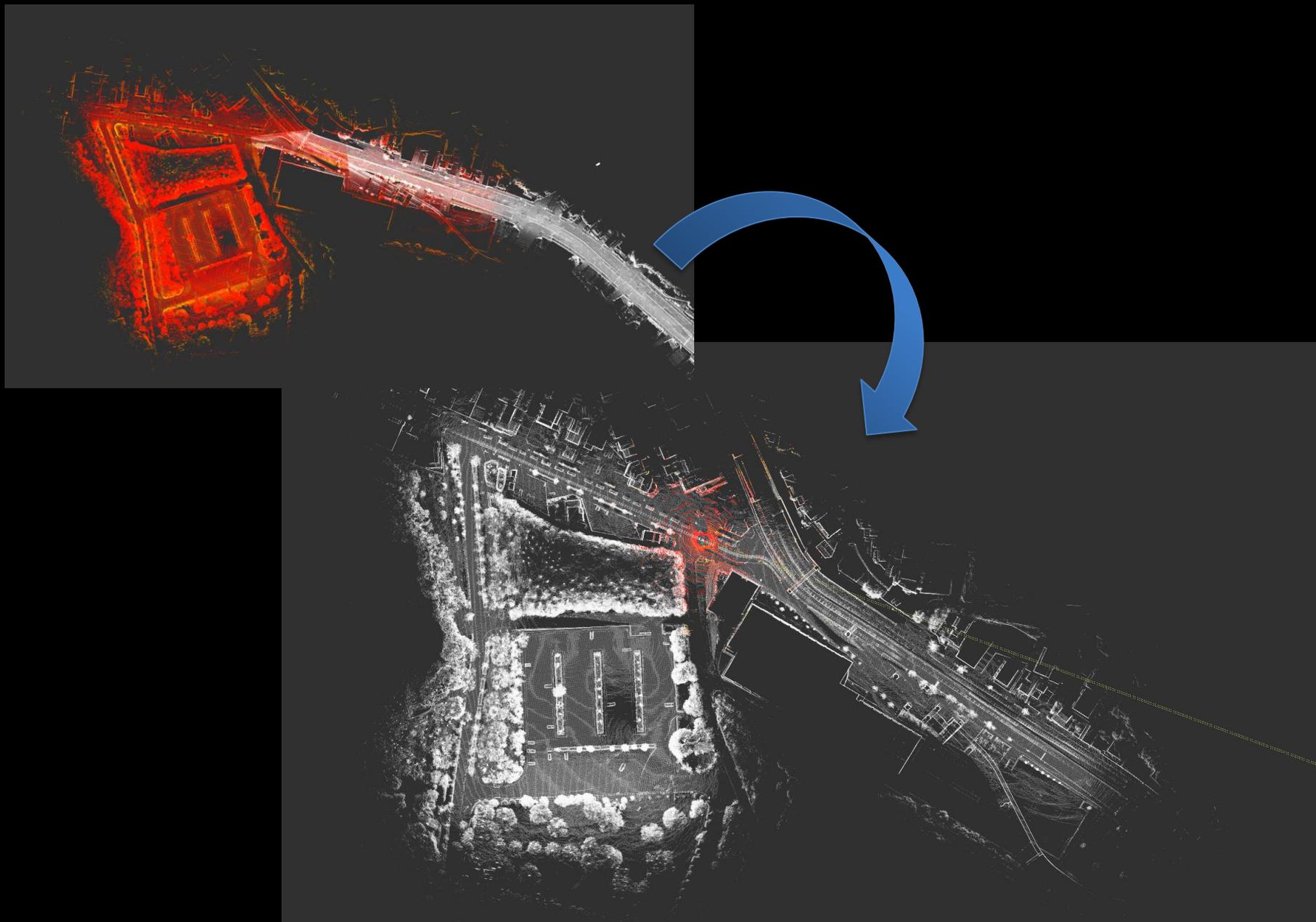


自動運転システムにおける高性能計算技術の応用

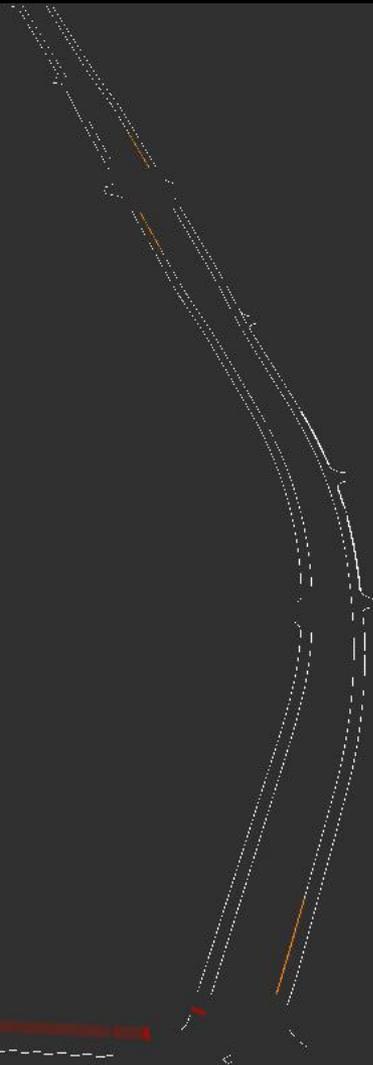
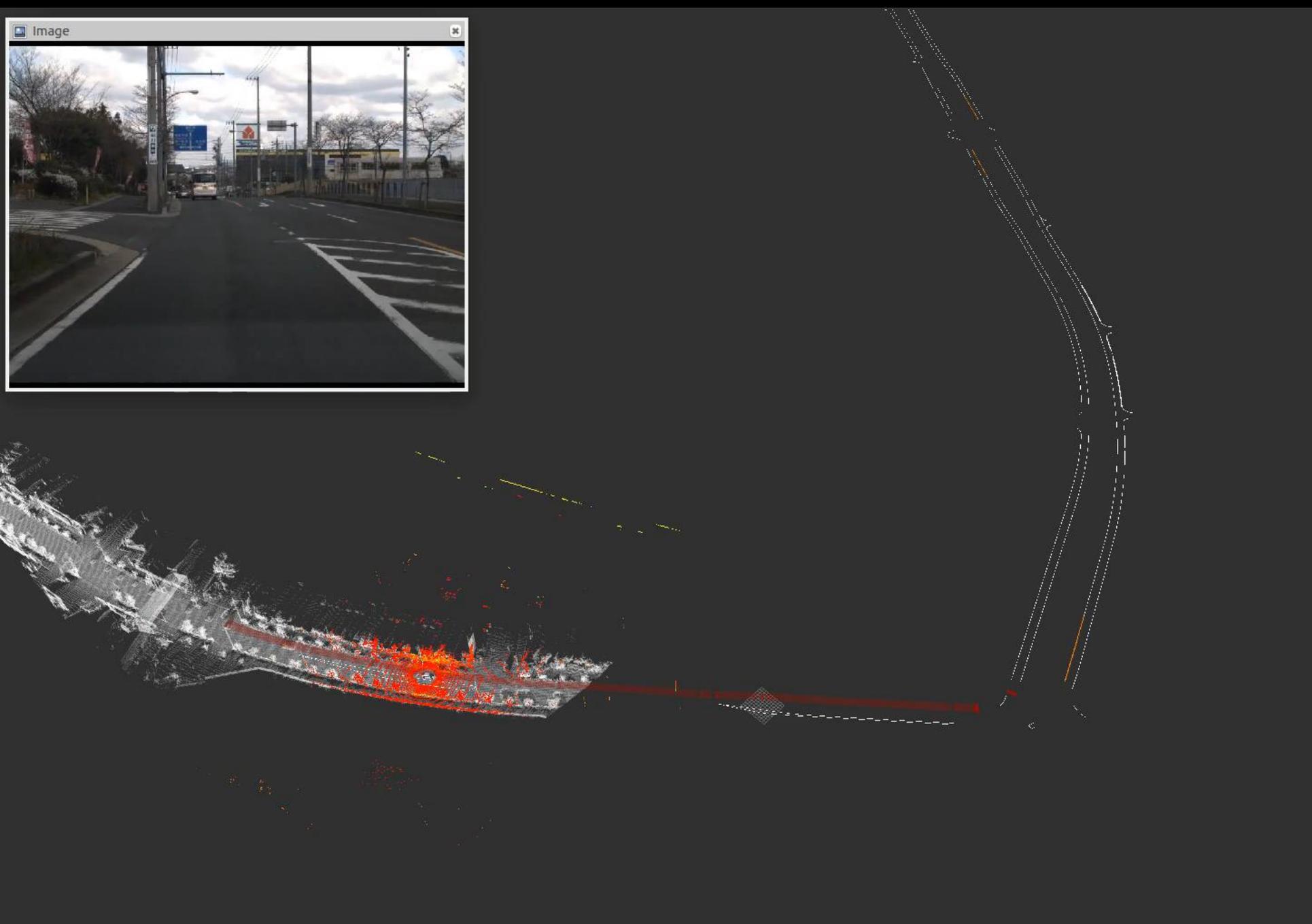




自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



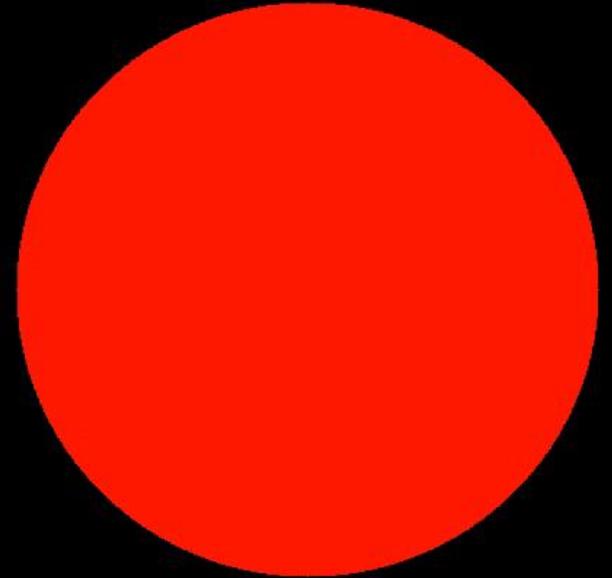
自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



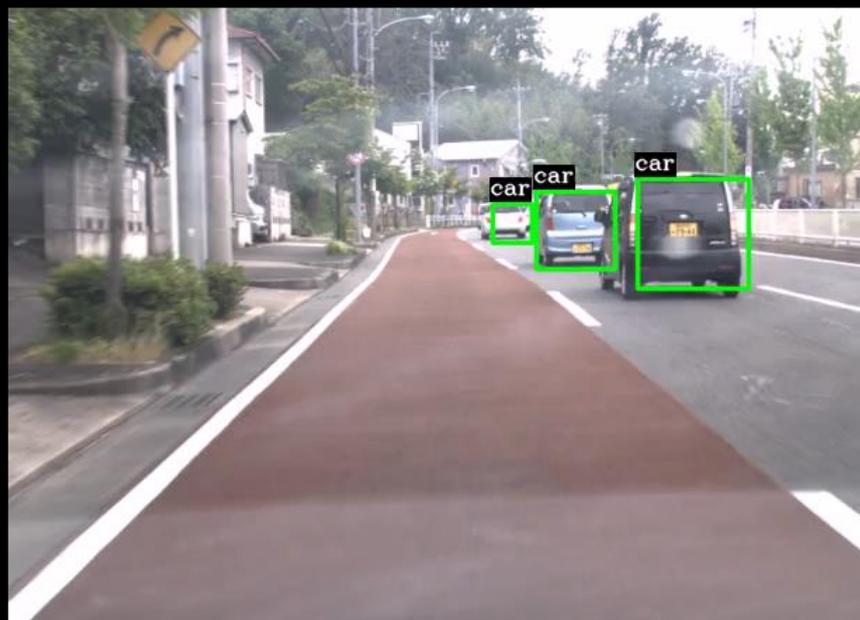
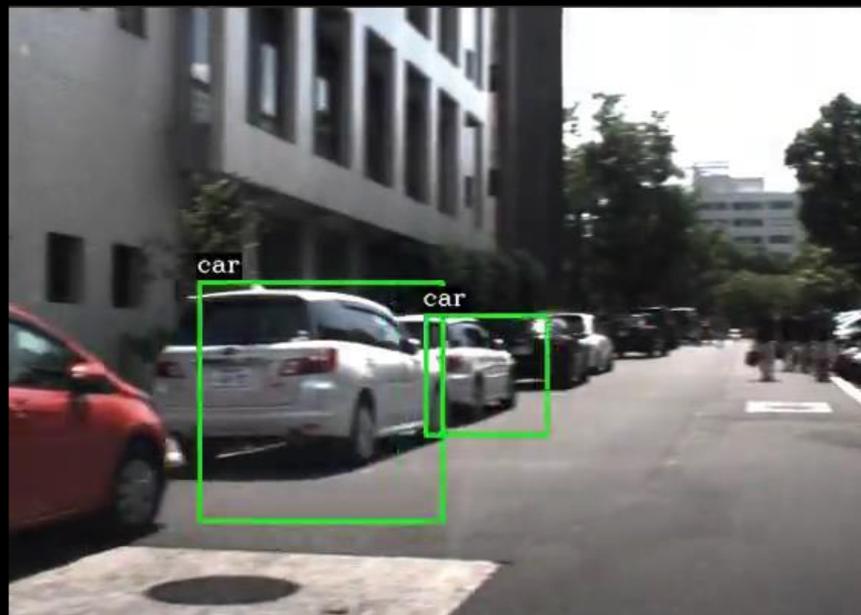
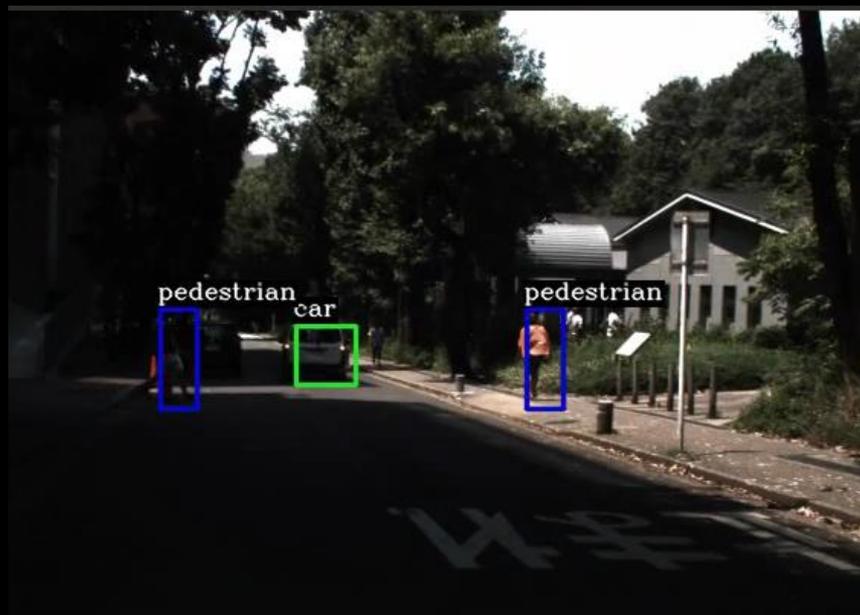
自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



RED



自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



物体検出 (パターン認識)



入力画像

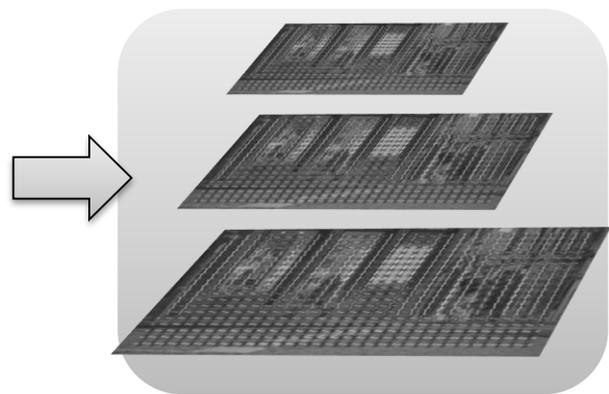
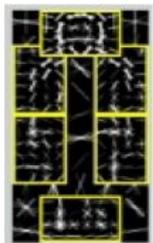


リサイズ画像ピラミッド

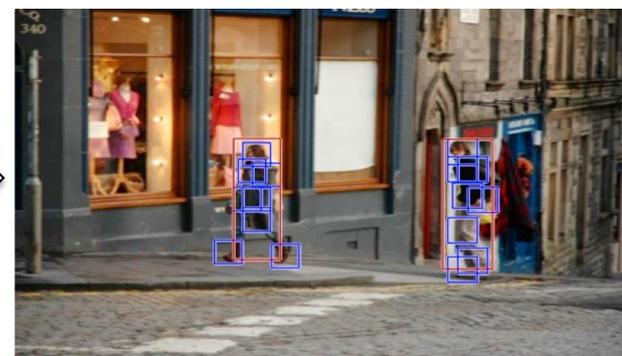
ルートフィルタ



パートフィルタ



HOG特徴量ピラミッド

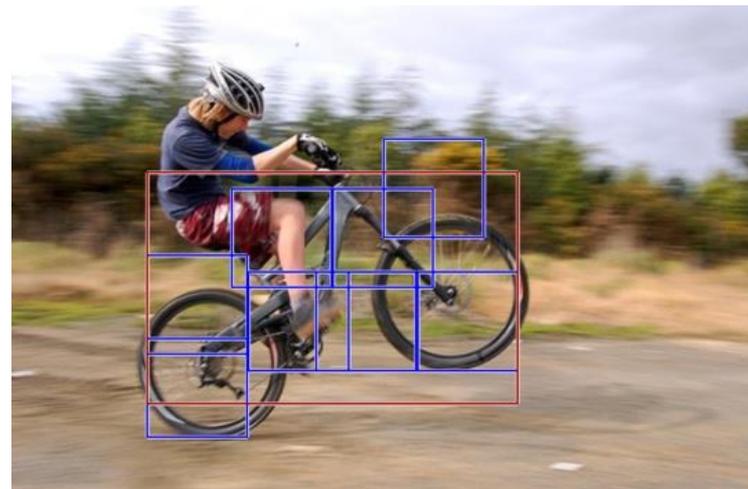
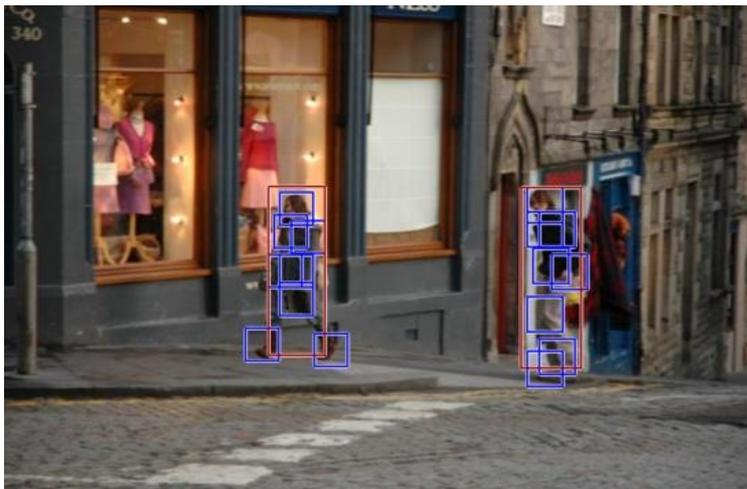


検出結果

物体検出（パターン認識）

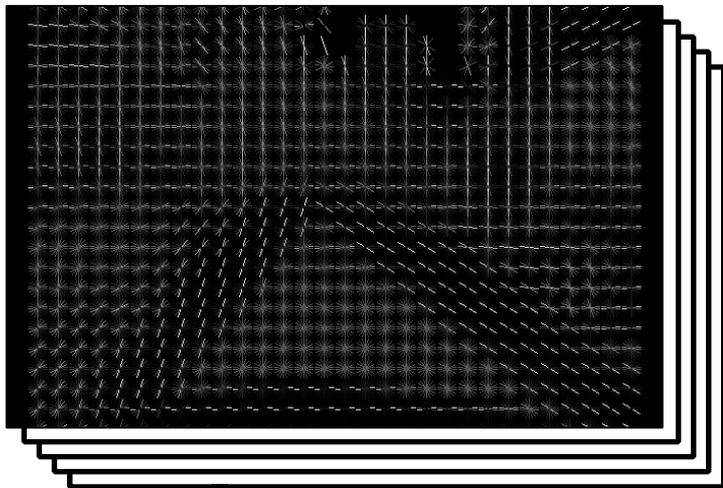
Deformable Part Models (DPM)

- HOG特徴量を部分的に利用
- SVMベースの学習器を利用
- 側方，前背面から見た場合でも検出可能
- 計算コストが課題



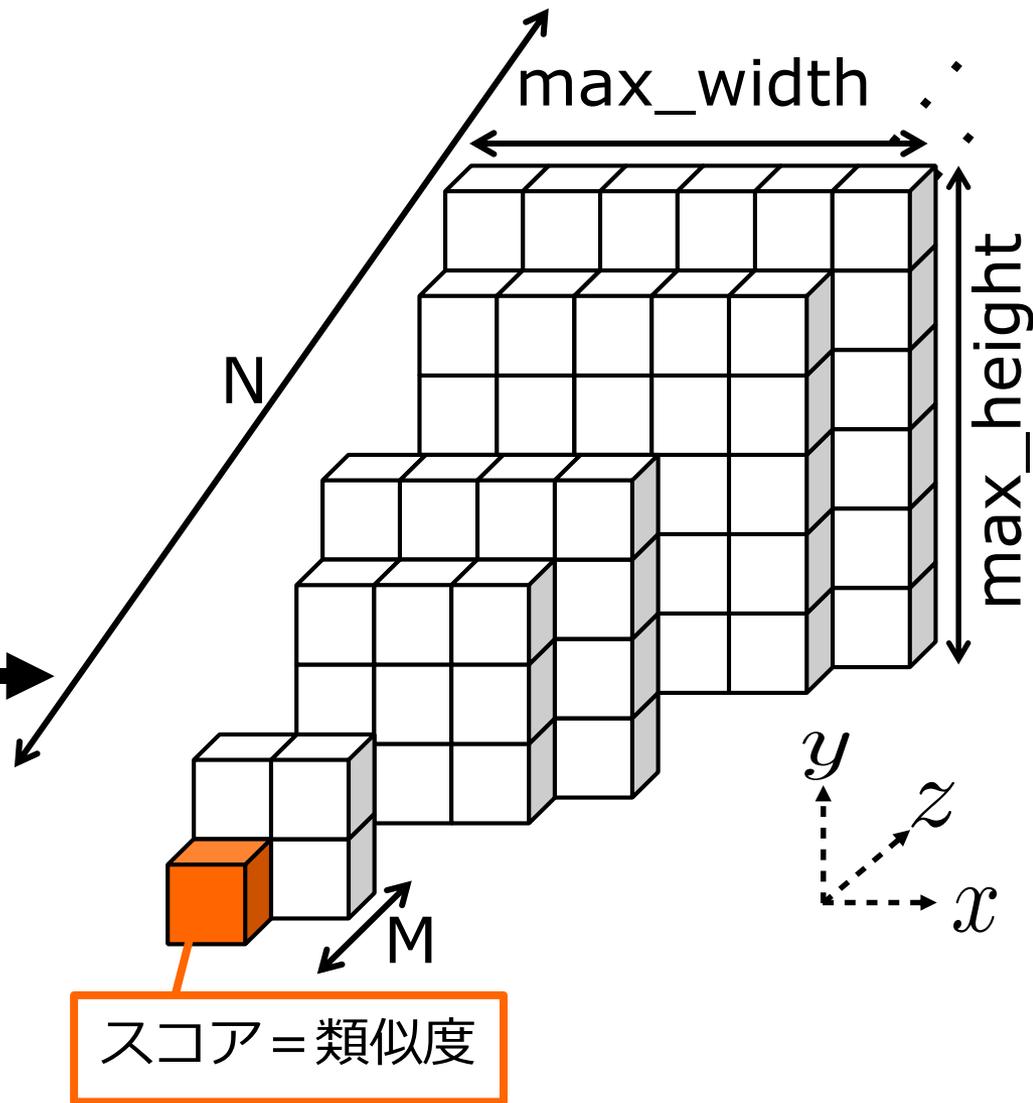
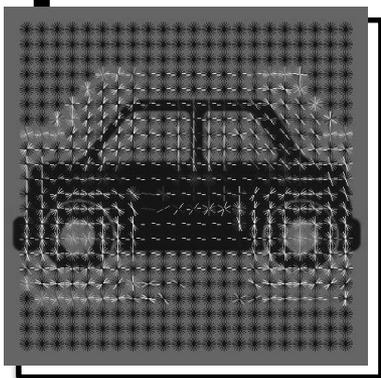
物体検出 (パターン認識)

HOG特徴量
N



スコア配列を生成

フィルタ
M



INTRODUCING NVIDIA DRIVE™ PX

AUTO-PILOT CAR COMPUTER

Dual Tegra X1 • 12 camera inputs • 1.3 GPix/sec

- 2.3 Teraflops mobile supercomputer
- CUDA programmability
- Deep Neural Network Computer Vision
- Surround Vision



256-core Maxwell GPU

8 CPU cores

- 4x ARM Cortex A57

- 4x ARM Cortex A53)

60 fps 4K video

1.3 gigapixel of cameras

20nm process



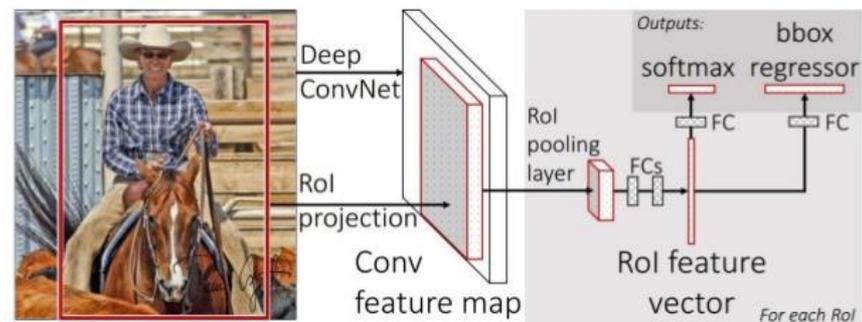
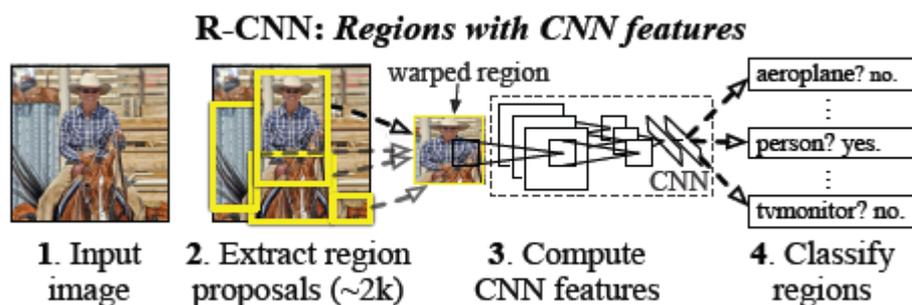
CPU

GPU

物体検出 (ディープラーニング)

Regions Convolutional Neural Networks (RCNN)

- 最初にセグメンテーションを実行
- 各Regionに対してCNNを適用
- 複数クラスに対応可能
- 計算コストが課題

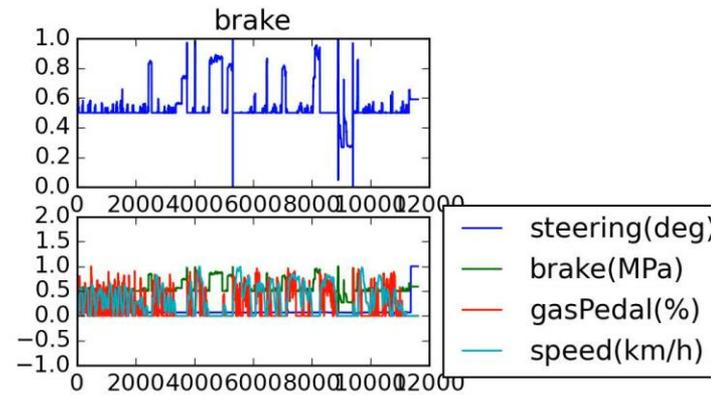
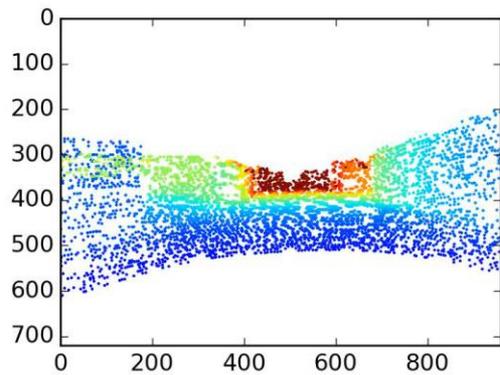
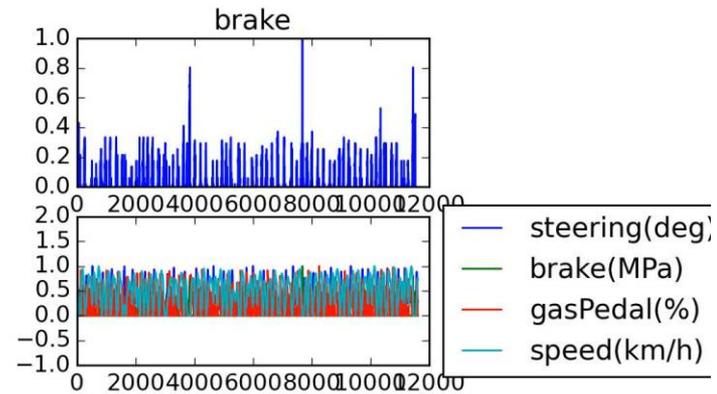
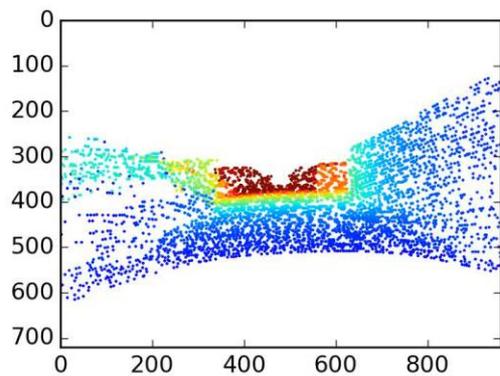
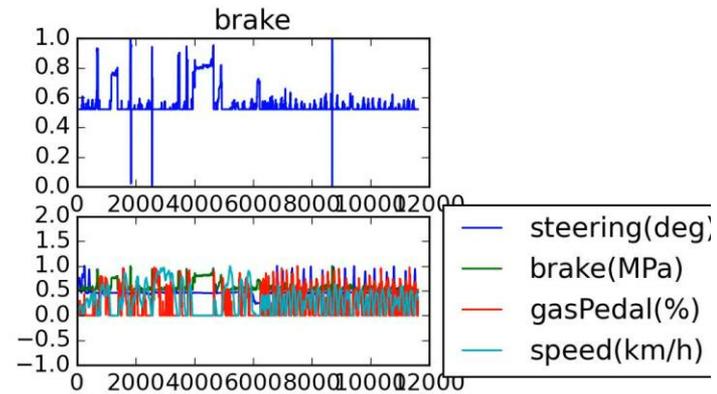
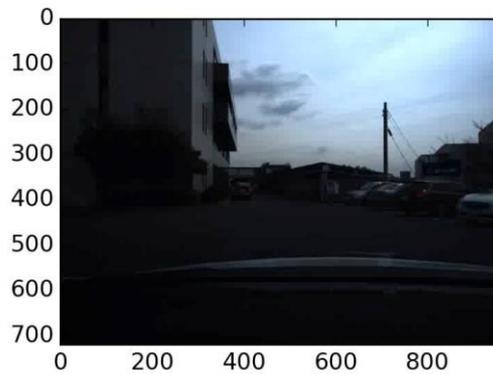
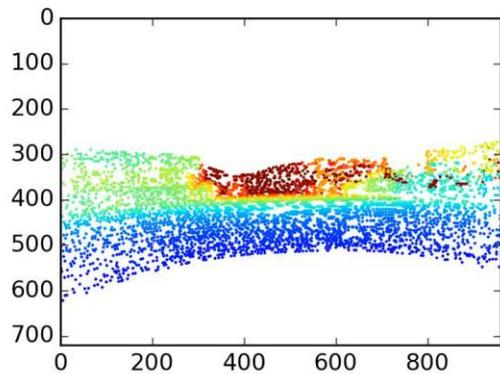


R. Girshick, J. Donahue, T. Darrel, J. Malik
"Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation"
IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), 2014

Fast RCNN + KLT Tracking



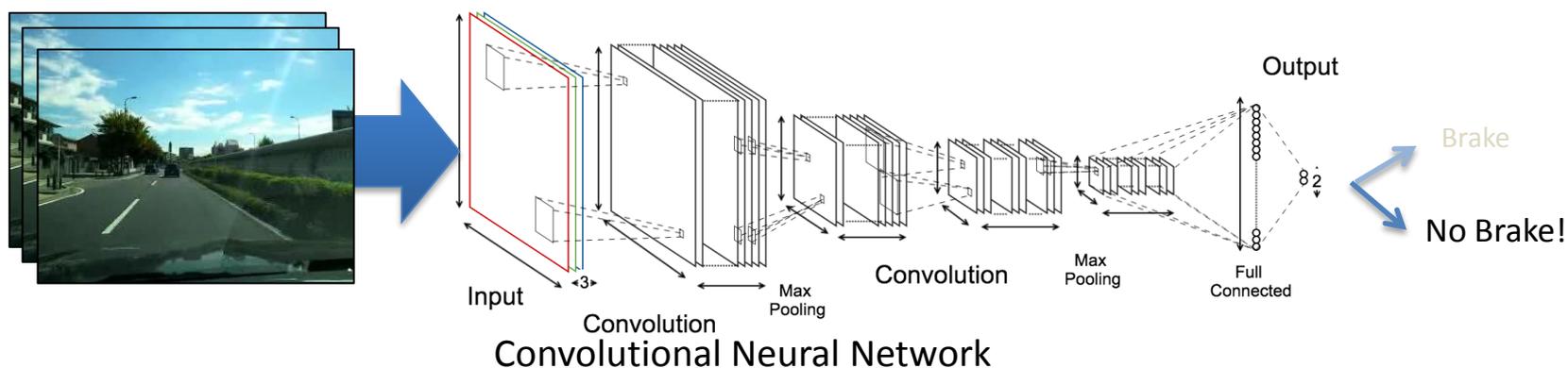
自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



問題: 「運転動画からブレーキの判別」

入力: カメラ画像・LIDAR画像

出力・ラベル: ブレーキ信号



運転データ詳細

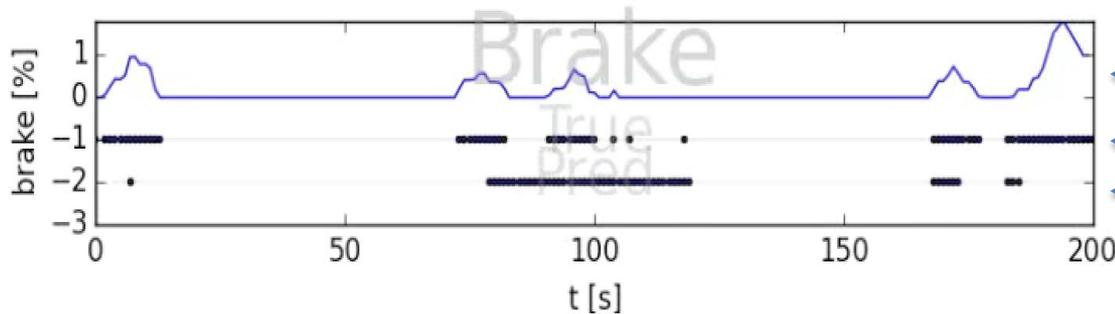
- 運転動画 (40分×3本)
- 画像サイズ(QVGA: 320×240)
- 制御信号(アクセル, ステアリング角, ブレーキ, ...)
→ ブレーキ(ON, OFFの2値に変換)



Real: 実測
Pred: 予測

● Brake: ON

● Brake: OFF

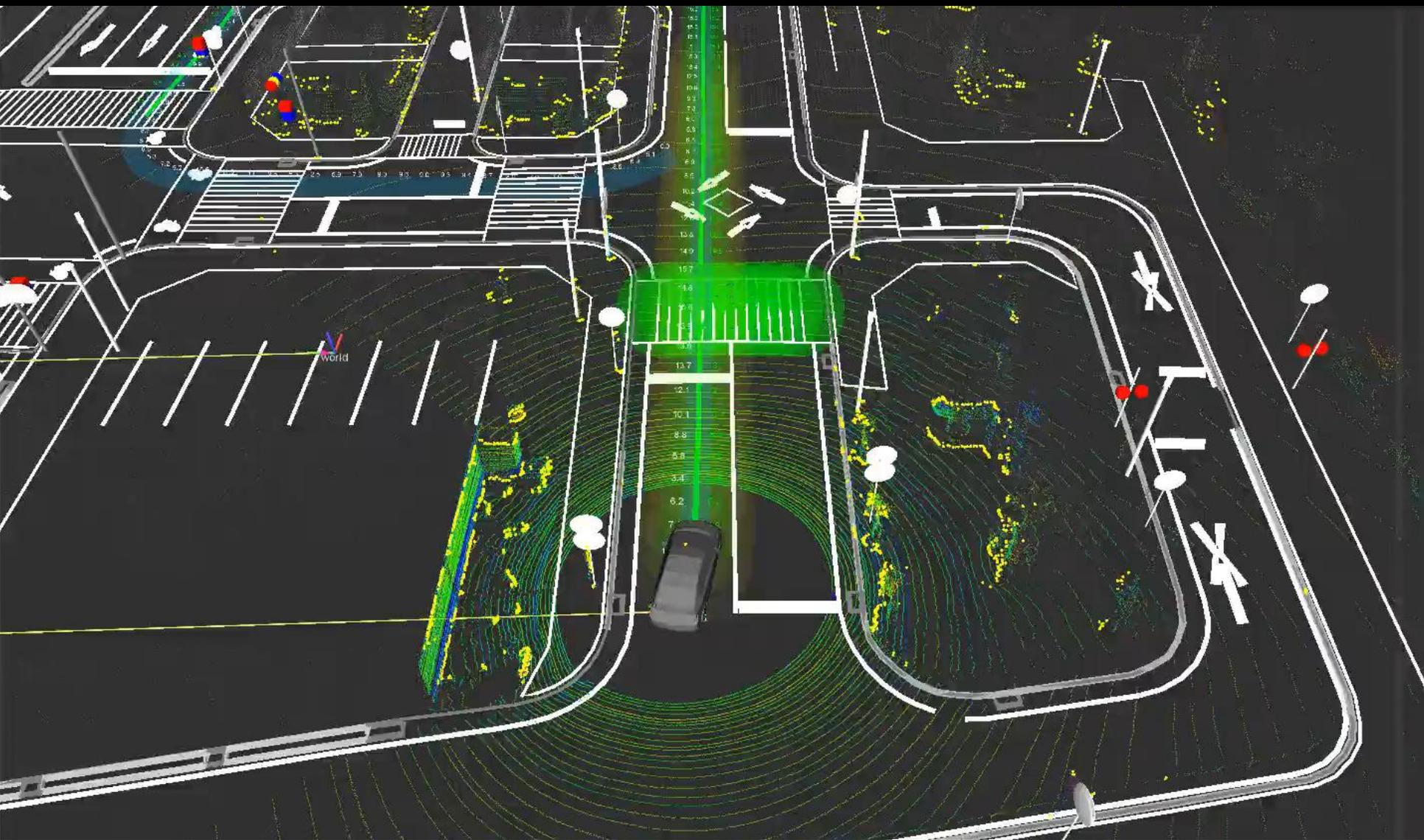


← 実測(連続)

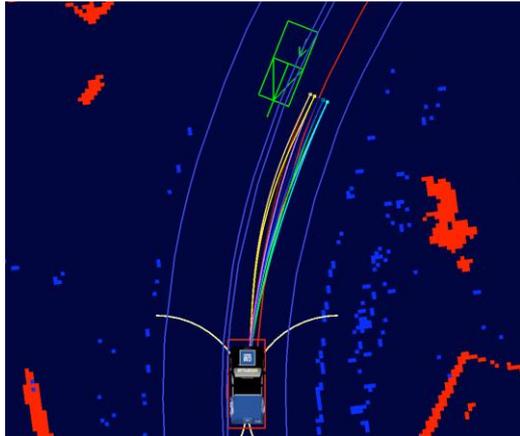
← 実測(二値)

← 予測

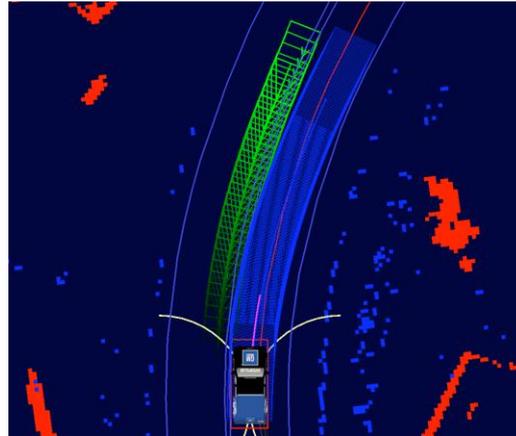
自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



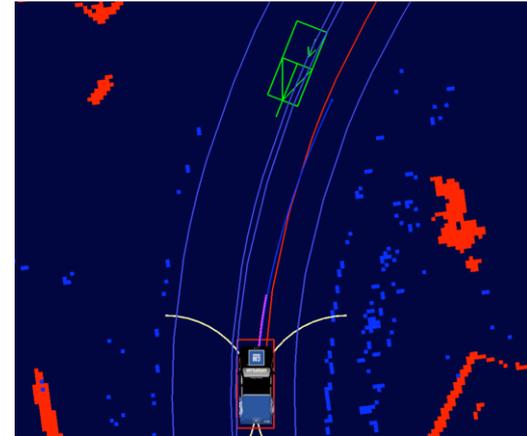
経路計画



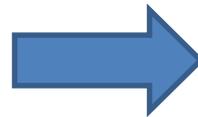
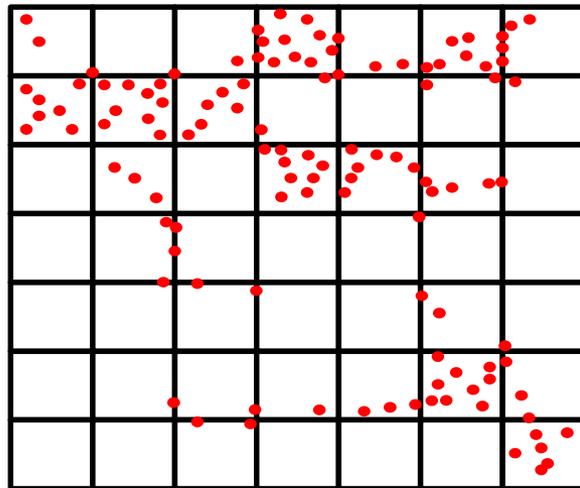
複数経路生成



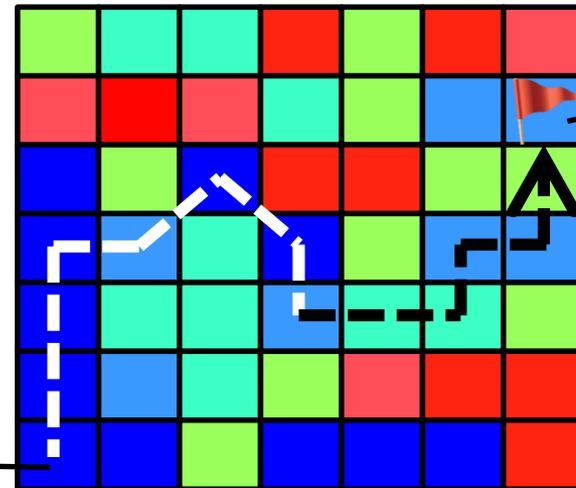
環境予測



経路決定



現在地



目的地

軌跡生成 (State Lattice)

- We will be concerned with computing trajectories which lead from an initial state x_i to a final state x_f within a finite time horizon.
- The final state boundary constraints which are given by the mission planner are defined by the following vector:

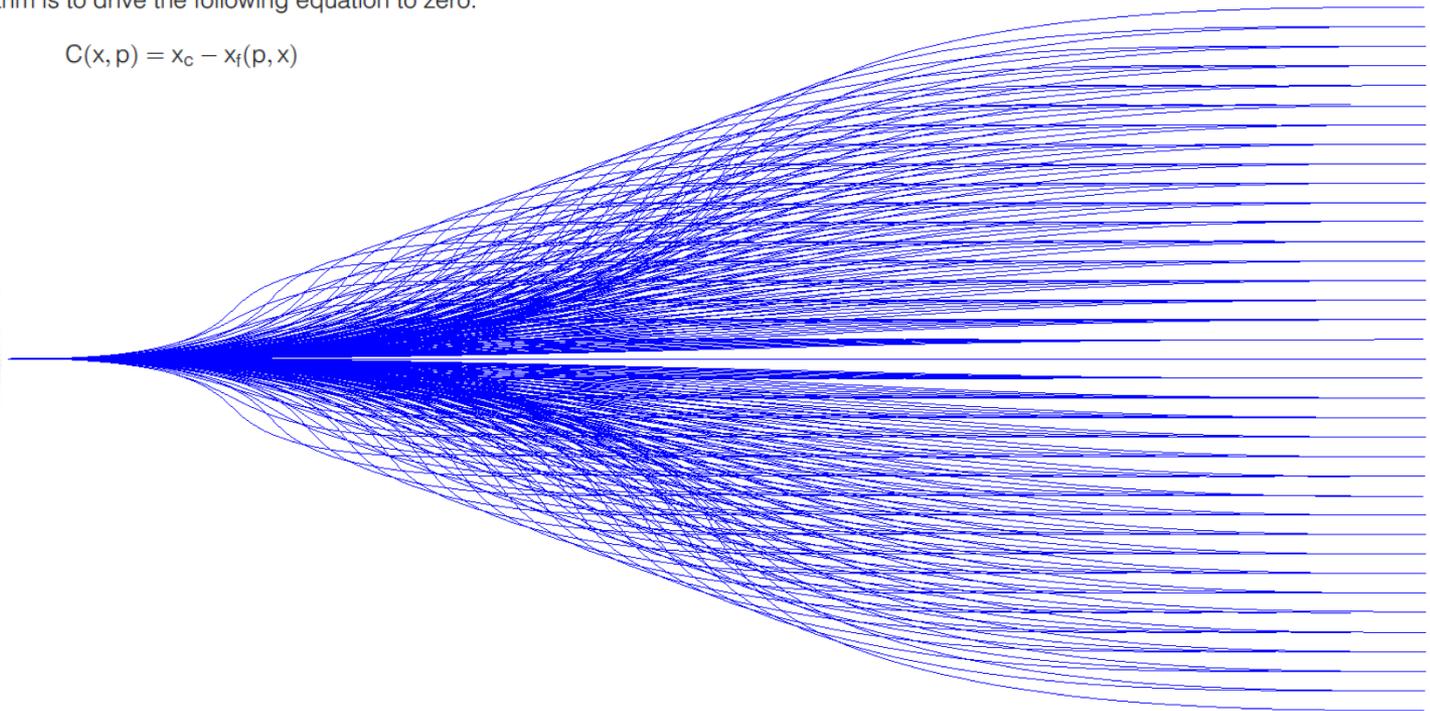
$$x_c = [s_x, s_y, \theta]$$

- A prediction of the vehicles final state (using Euler's method) due to the control input is:

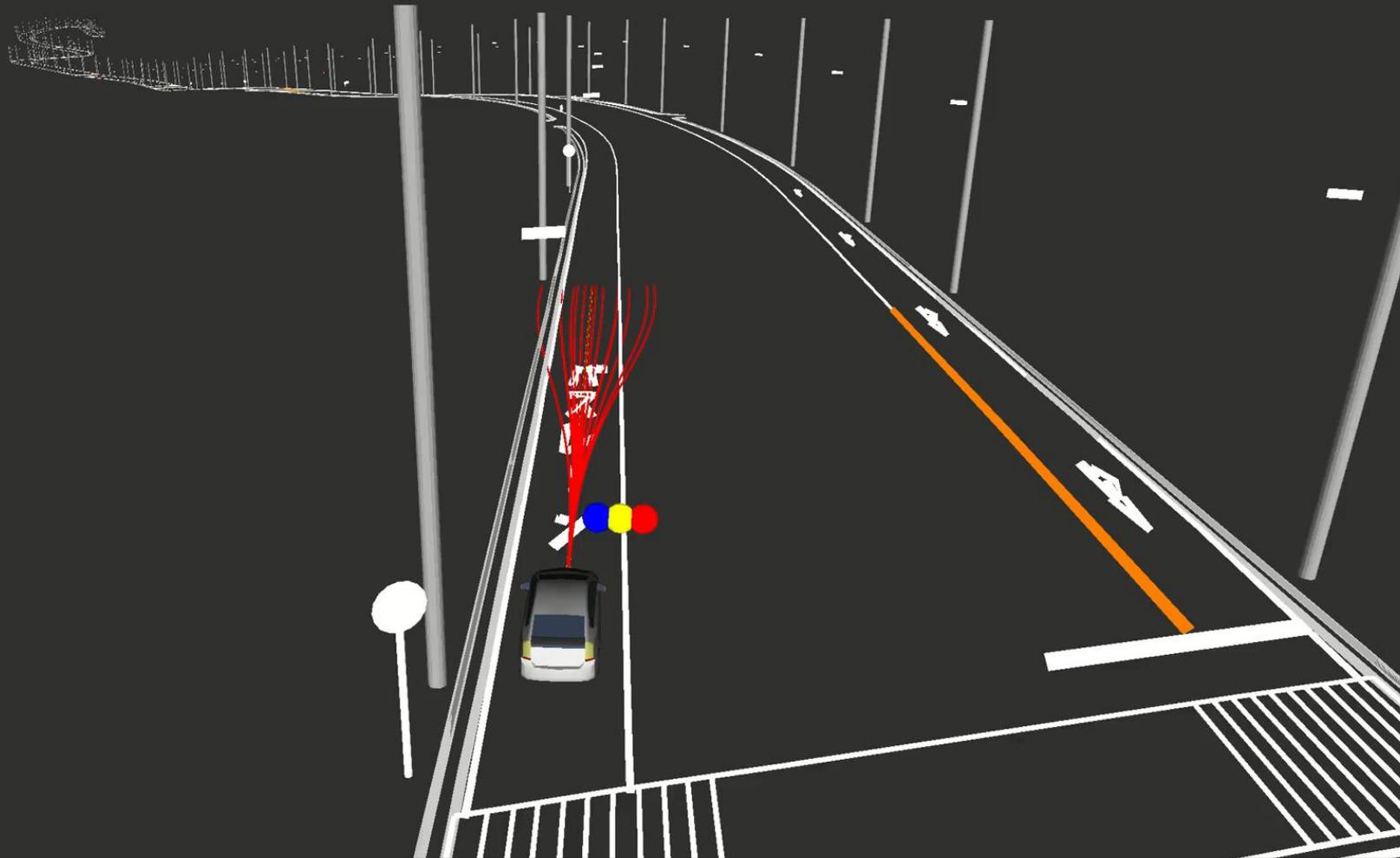
$$x_f(p, x) = x_i + \int_{t_0}^{t_f} \dot{x}(x, p) dt$$

- The goal of the algorithm is to drive the following equation to zero:

$$C(x, p) = x_c - x_f(p, x)$$



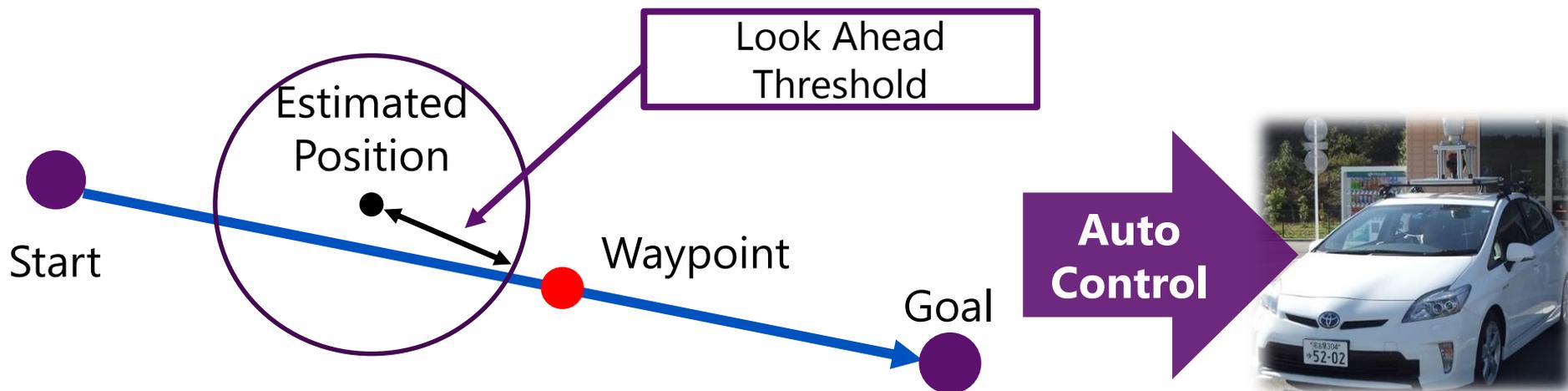
自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



経路追従

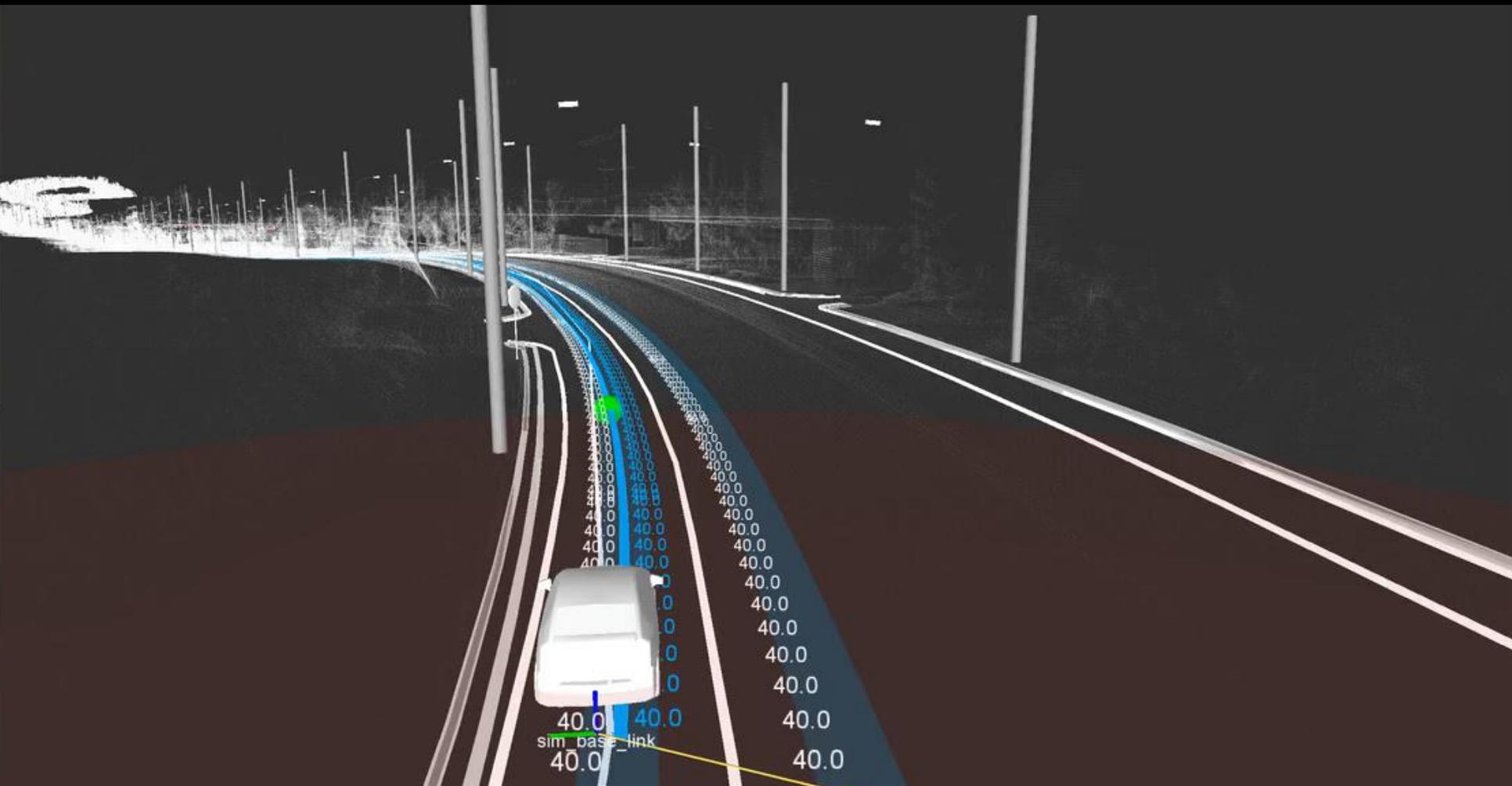
Pure Pursuitアルゴリズム^[2]

1. 推定された自己位置を受け取る
2. 次のWaypointを探索
3. 到達するための角速度を計算
4. 速度、角速度を与え自動車を制御、自己位置を更新



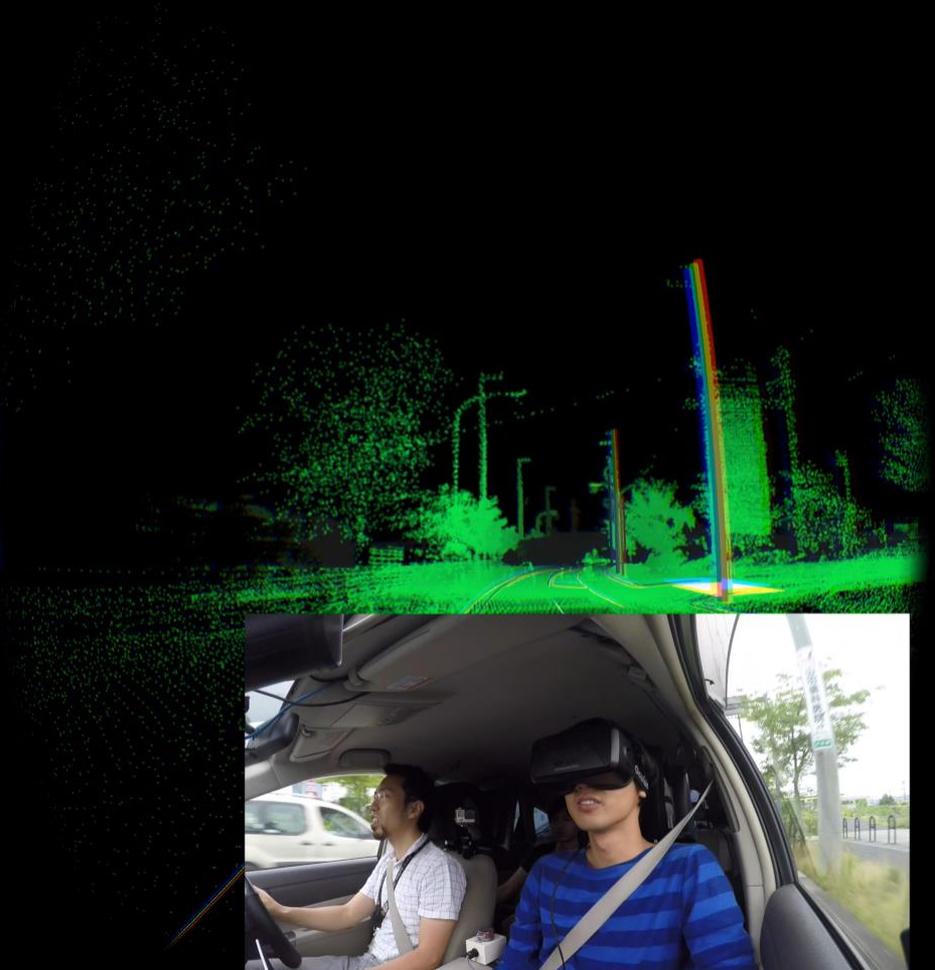
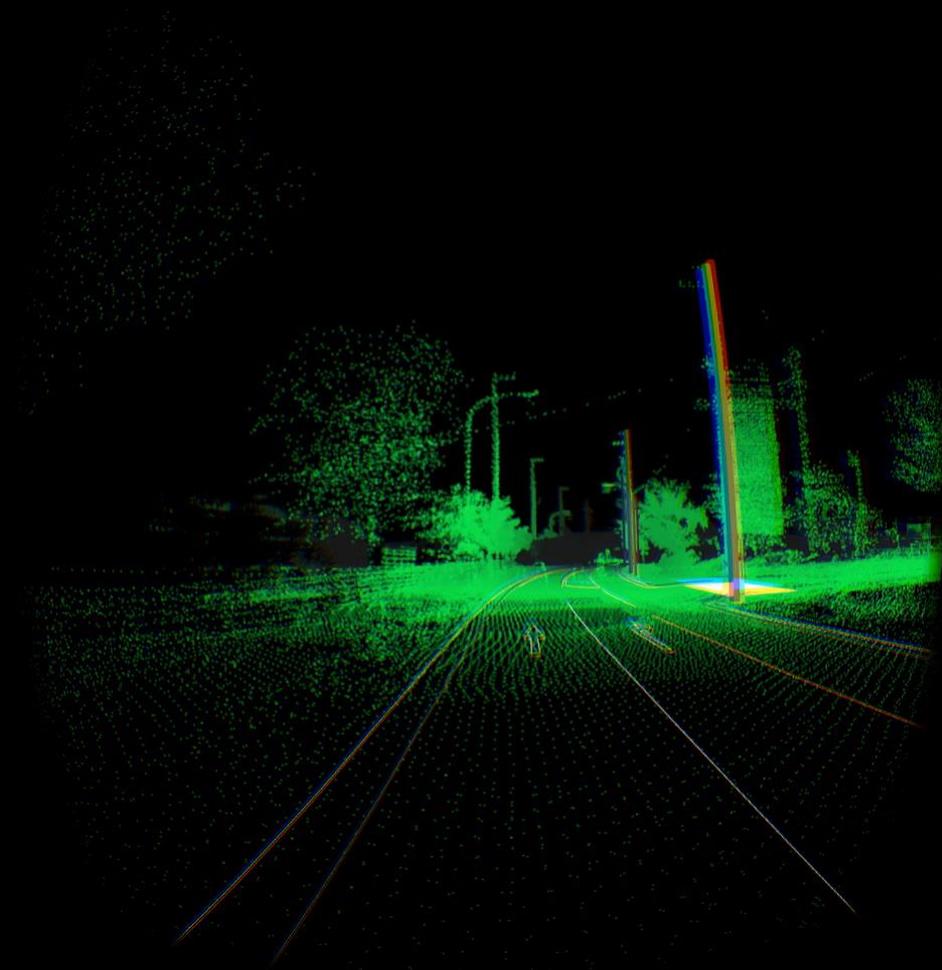
[2] R Craig Coulter. "Implementation of the Pure Pursuit Path Tracking Algorithm". Technical Report CMU-RI-TR-92-01, Robotics Institute, Pittsburgh, PA, January 1992.

自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



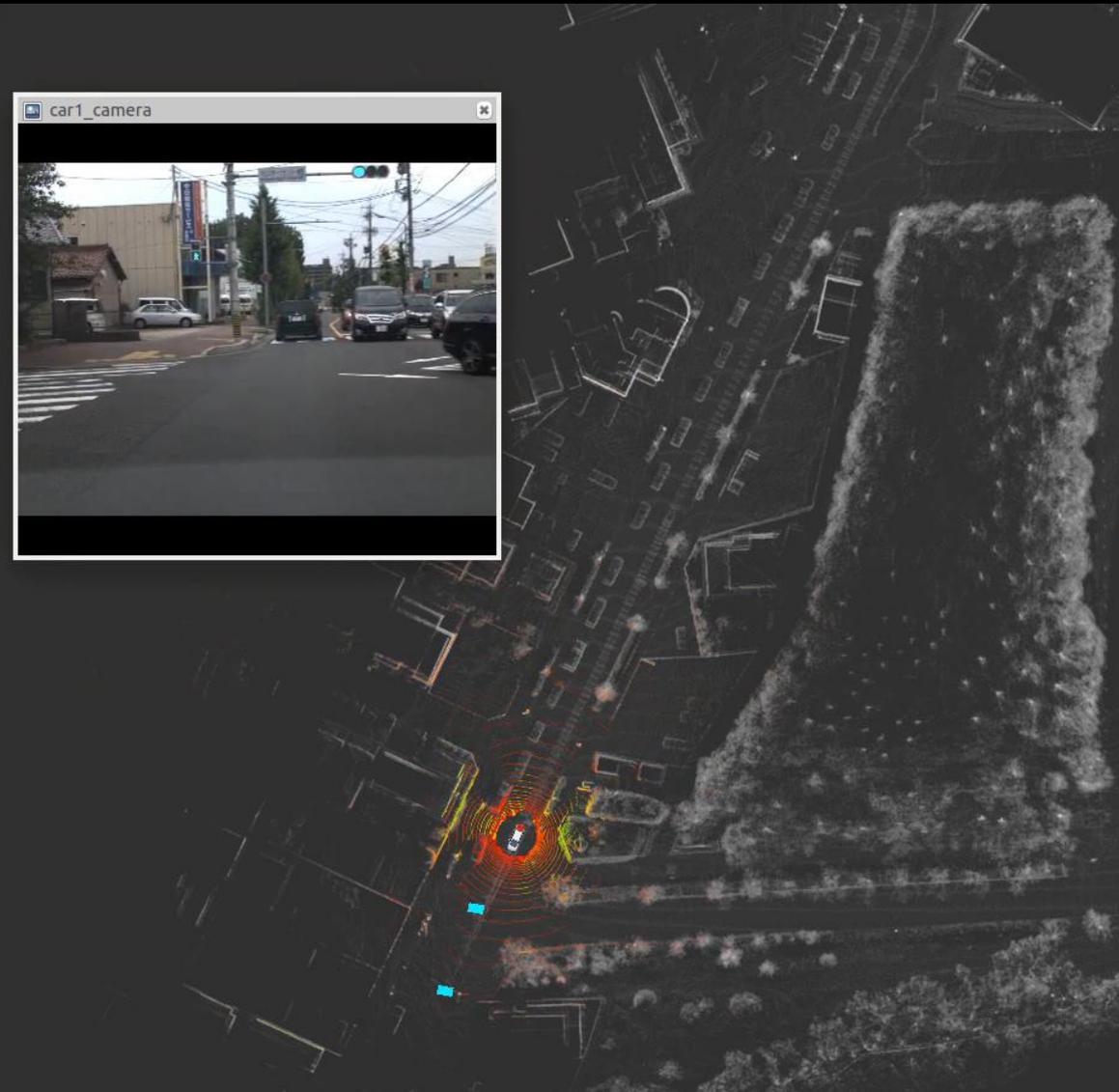
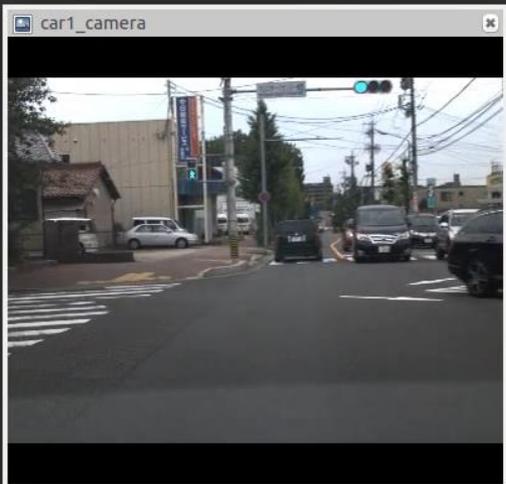
自動運転システムにおける高性能計算技術の応用

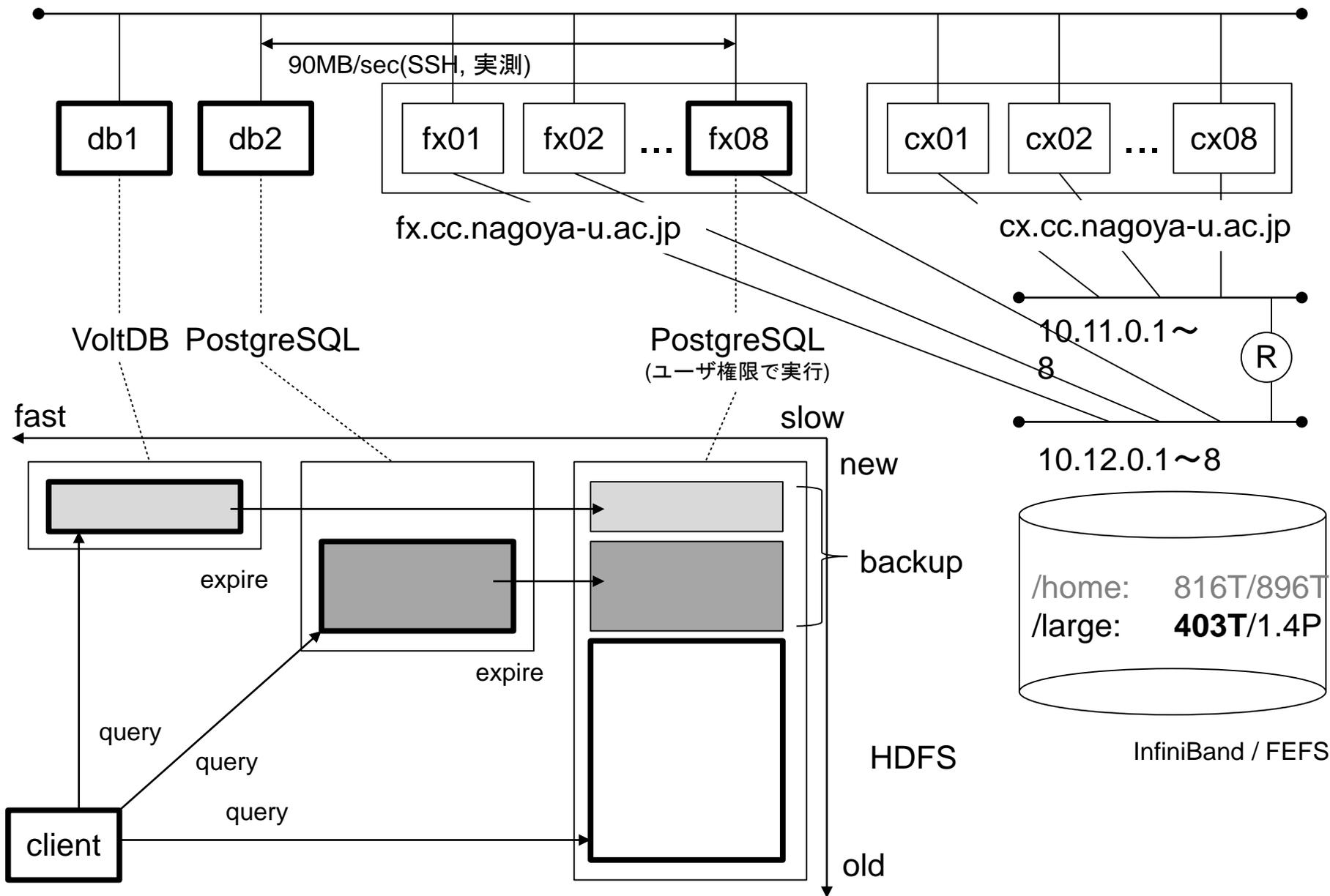
4.63754fps



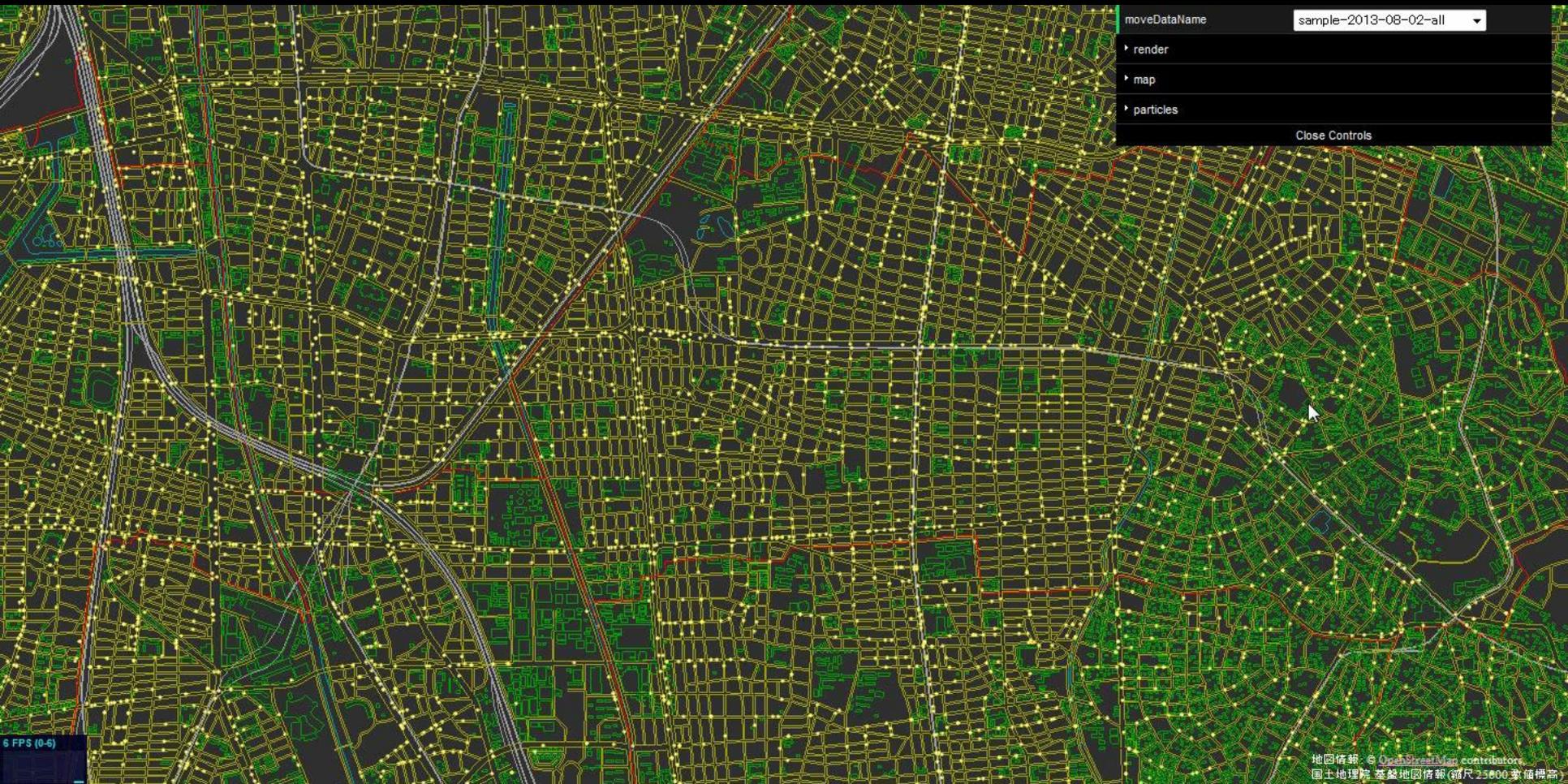
*PDSL_wif1_5G'に接続

自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



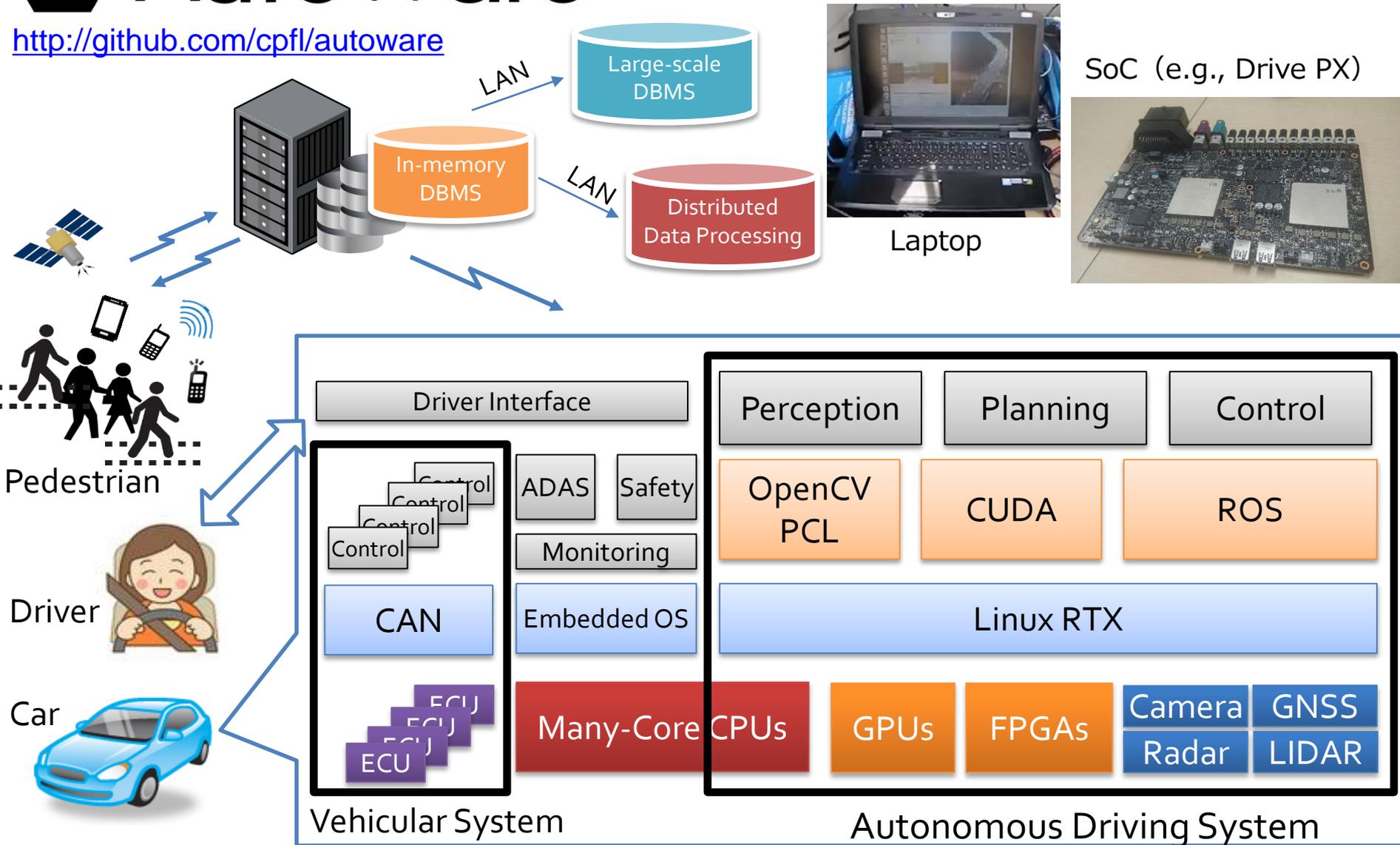


自動運転システムにおける高性能計算技術の応用



AutoWare

<http://github.com/cpfl/autoware>



自動運転システムにおける高性能計算技術の応用

The screenshot displays the RViz (Robot Visualization) interface, a key tool for autonomous driving development. It features several panels:

- Displays Panel:** Lists various visualizations such as Global Options, Grid, Points Map, Vector Map, and Namespaces. The Vector Map is currently selected, showing a 2D overlay on the point cloud.
- Image Panel:** Shows a real-time camera feed from the vehicle's perspective, displaying a road with cars and buildings.
- Views Panel:** Shows the current view settings, including the view type (TopDownOrtho) and various parameters like Near Clip, Target Frame, Scale, Angle, X, and Y coordinates.
- Time Panel:** Displays system timing information, including ROS Time (1435024697.75), ROS Elapsed (20.40), Wall Time (1449053231.94), and Wall Elapsed (55.75).
- Runtime Manager:** A sidebar on the left showing system metrics like CPU usage (18.2%, 20.0%, 9.1%, 58.3%) and bag file information.

The main 3D view shows a point cloud of a road scene with a 2D vector map overlay. The map includes lane markings, road edges, and other features. The interface is designed for real-time monitoring and debugging of autonomous driving algorithms.



<https://github.com/cpfl/autoware>



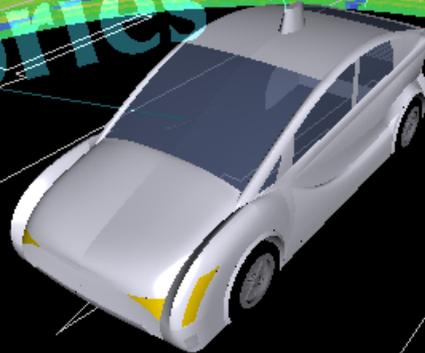
Intelligent Vehicle

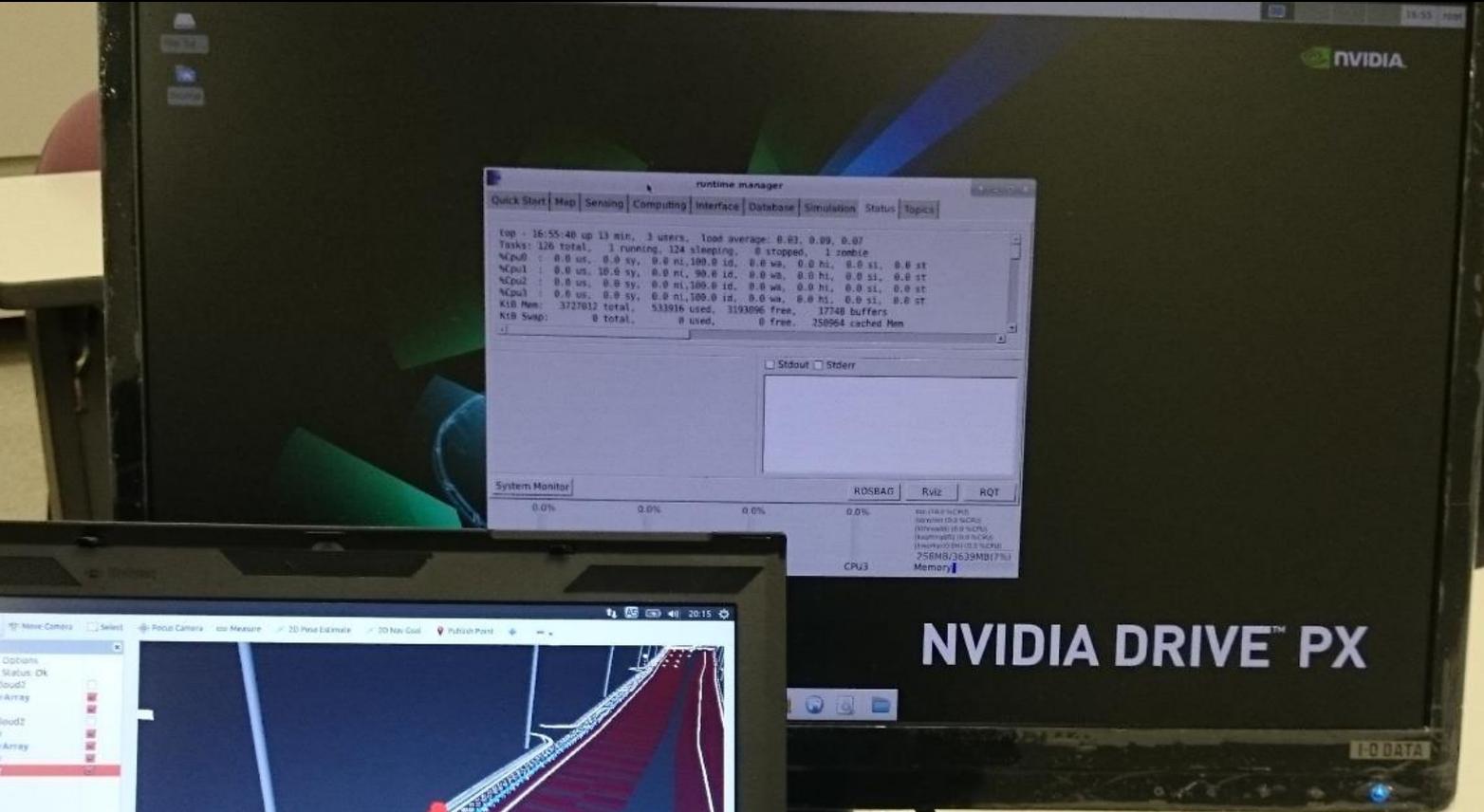
Computers

Sensors

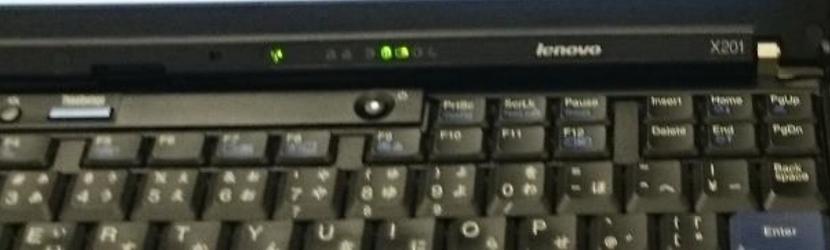
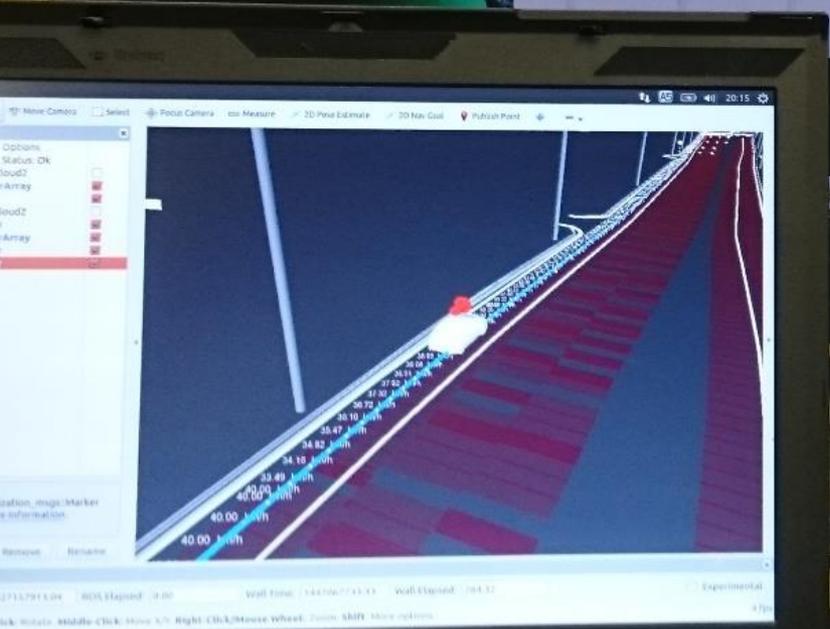
Sensors
computers

Accessories





NVIDIA DRIVE™ PX



自動運転システムにおける高性能計算技術の応用





Tier IV
Intelligent Vehicle

株式会社ティアフォー
<http://www.tier4.jp>

Thank You!



自動運転システムにおける高性能計算技術の応用