

JST CREST

イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化

完全自動運転における 危険と異常の予測

加藤真平

東京大学情報理工学系研究科・准教授
チーム（東京大学、名古屋大学、慶應義塾大学）







- Dashboard
- Map
- 3DMap
- Drive
- Camera
- Monitor
- Setting

Vehicle Info

Vehicle ID: 1
 Speed: 32.74 km/h
 Target Speed: 34.31 km/h
 State:



Steering Position
 Controller Steering Position
 Controller Accel
 Controller Brake

DRIVE MODE SELECTION:

- NORMAL
- PROGRAM
- AUTO

GEAR: P←

研究の位置づけ

1. 低速自動運転

時速30km程度の**安全**な自動運転を実現する。
現行の車両法が適用される乗用車は対象にしない。

2. モビリティサービス (MaaS)

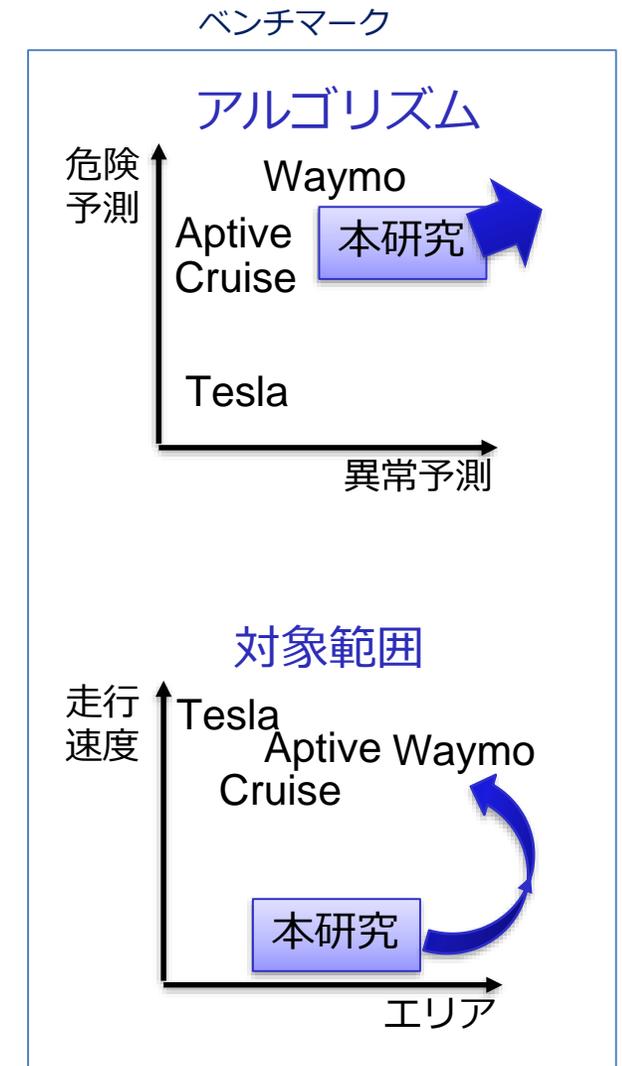
好きな時に利用できる**便利**な自動運転を実現する。
個人所有向けのモビリティは提供しない。

3. 付加価値コンテンツ

楽しく移動できる**快適**な自動運転を実現する。
目的地まで最短・最速で到着することは目的としない。
プラットフォームはオープン化して競争を無効化する。

着想

高度な判断によって複雑なケースを自動運転で乗り切ることよりも、適切なタイミングで自動運転を停止できるほうが社会的価値は高い。



研究構想

Learn by Run: 走れば走るほど賢くなる完全自動運転システム

システム
異常なし

知能の生成

Automan

Autoware

歩行者

情報の集約

歩行者

他車



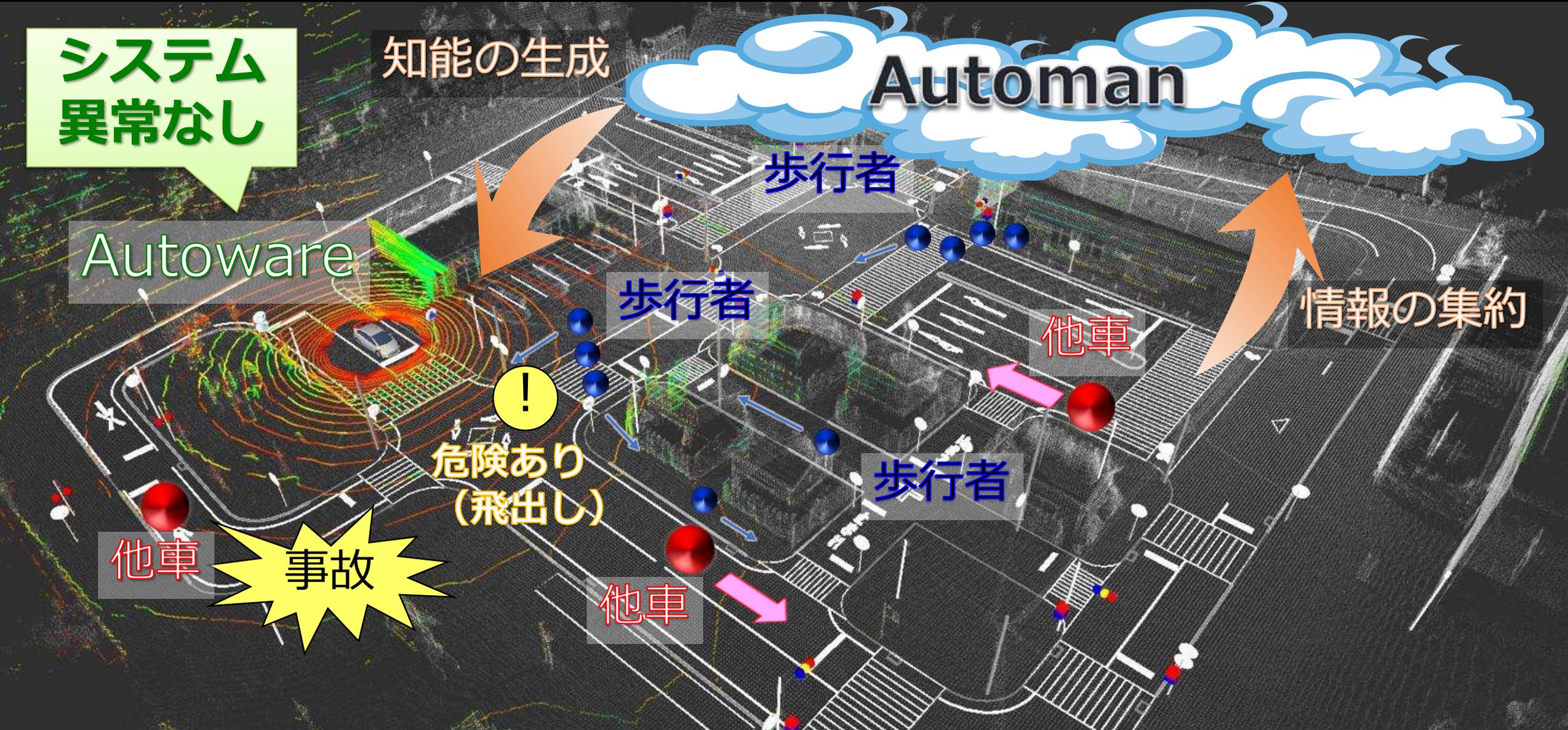
危険あり
(飛出し)

歩行者

他車

事故

他車



研究実施体制



東大グループ(研究代表者:加藤 真平)

【危険と異常の予測に対応した自動運転システム】



- ◆ 有向グラフ(DAG)を用いたシステム解析
- ◆ 深層学習処理の中間データの可視化
- ◆ GPUとメニーコアを用いたスケーラブルな深層学習基盤
- ◆ システム異常の予測
- ◆ クラウドを用いた学習用データ管理機構



名大グループ(主たる共同研究者:武田 一哉)

【特定の目的・状況に特化したデータ駆動型の自動運転知能】



- ◆ 運転データの圧縮
- ◆ 学習における特異データの除去
- ◆ 未学習データの検出
- ◆ 特定シーンの危険予測
- ◆ アルゴリズム異常の予測



慶大グループ(主たる共同研究者:河野 健二)

【オンラインの大規模データ解析機能を有した自動運転クラウド】



- ◆ GPU仮想化
- ◆ メニーコア仮想化
- ◆ マルチテナントなクラウド学習基盤
- ◆ クラウド上の学習データに対するセキュリティ機構
- ◆ 深層学習を用いた画像SLAM

提案時の協力企業



関連プロジェクト



新規の協力企業

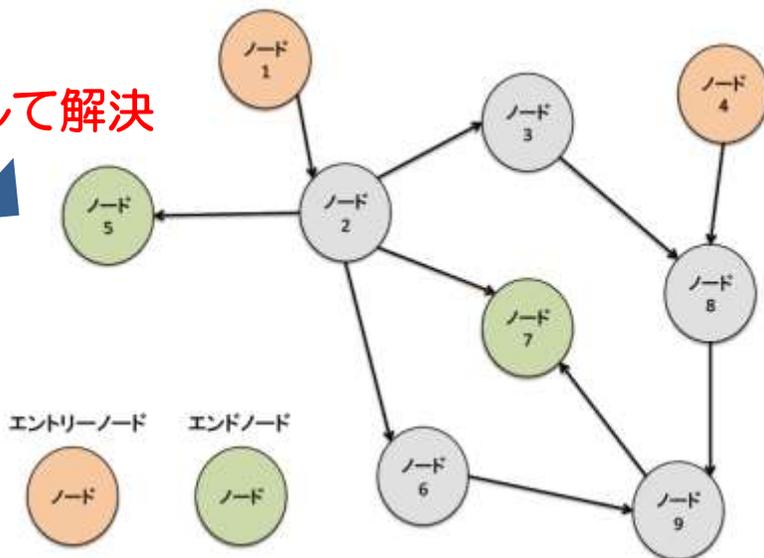


研究項目1

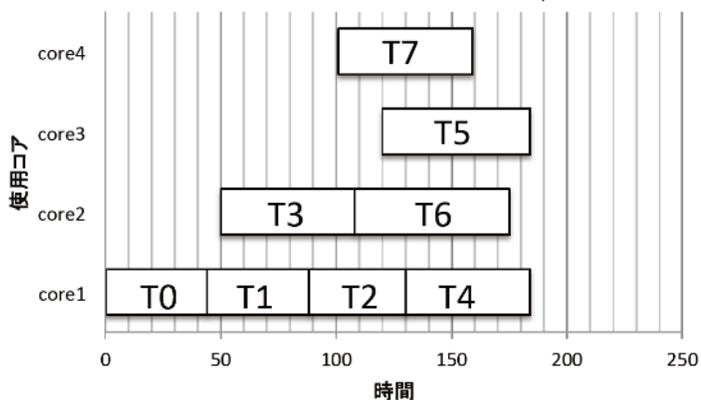
危険と異常の予測に対応した自動運転システム（東大）

自動運転システム内の
機能ノードのつながり

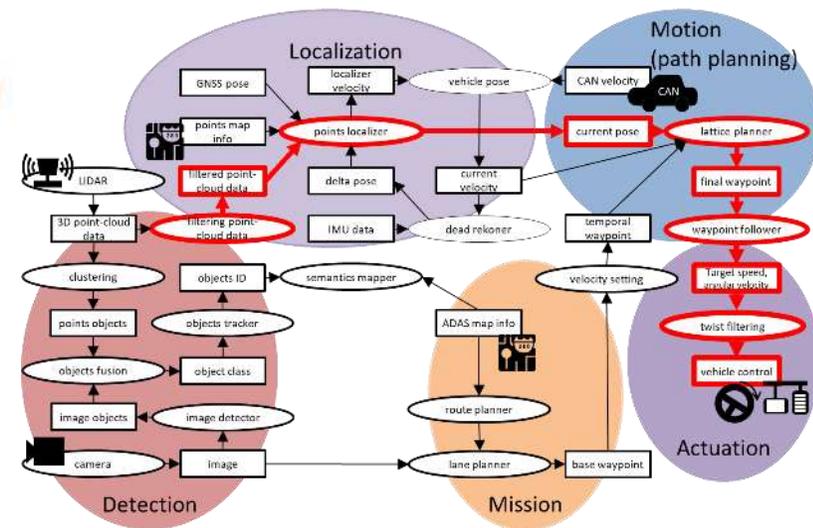
グラフ問題として解決



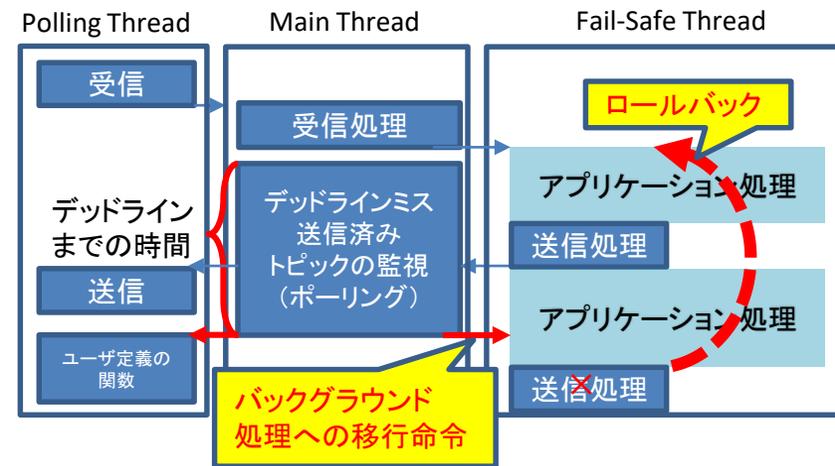
スケジューリング問題に還元



End-to-End時間保証



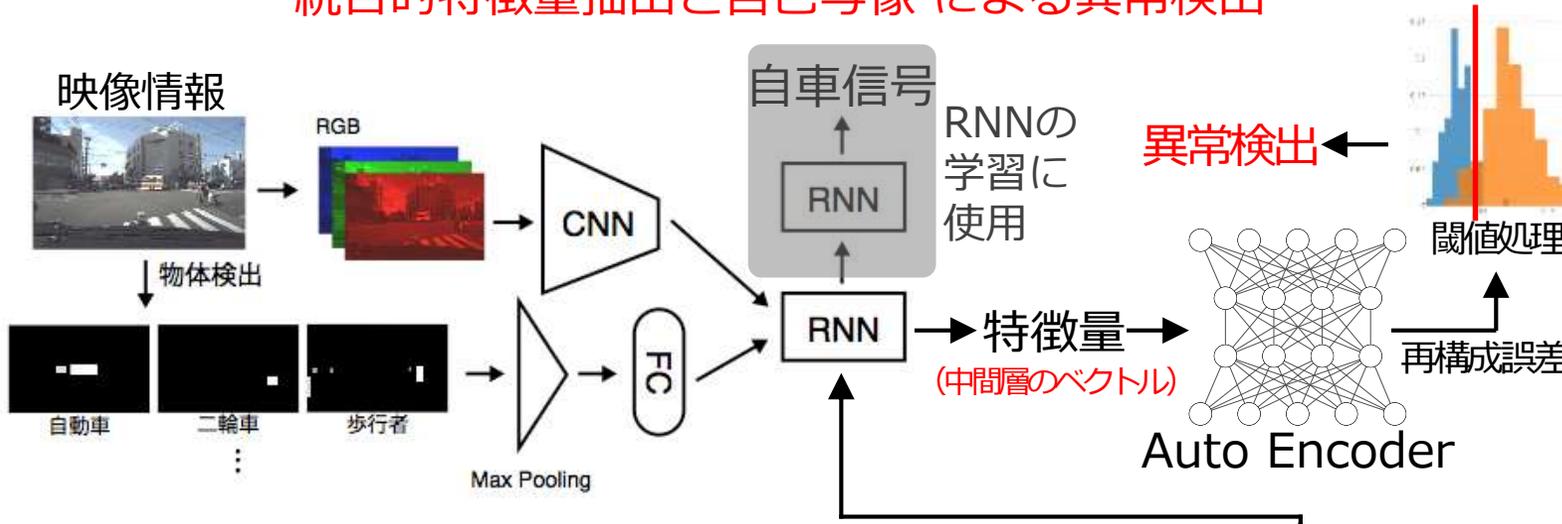
フェールセーフ機構



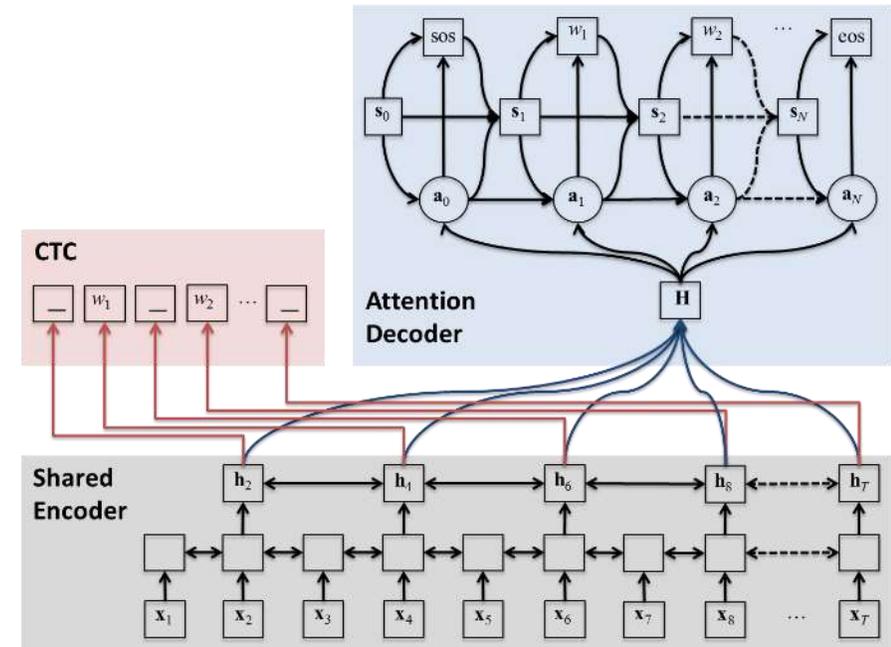
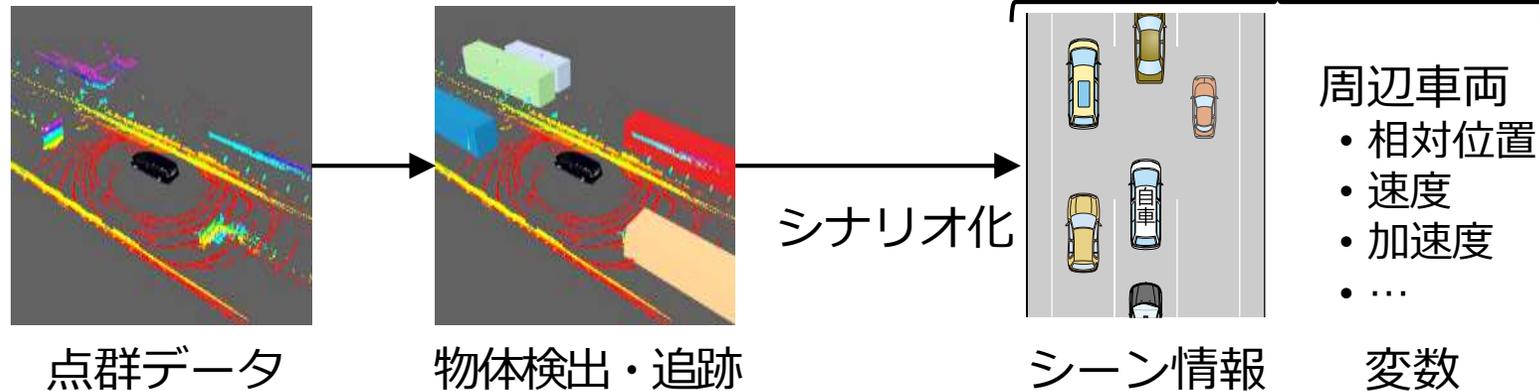
研究項目2

特定の目的・状況に特化したデータ駆動型の自動運転AI（東大・名大）

統合的特徴量抽出と自己写像による異常検出



運転状況系列から交通状況シナリオへ変換



研究項目3

オンラインの大規模データ解析機能を有した自動運転クラウド（東大・慶大）

価格と学習時間のニーズを満たす仮想ノードスケジューラ

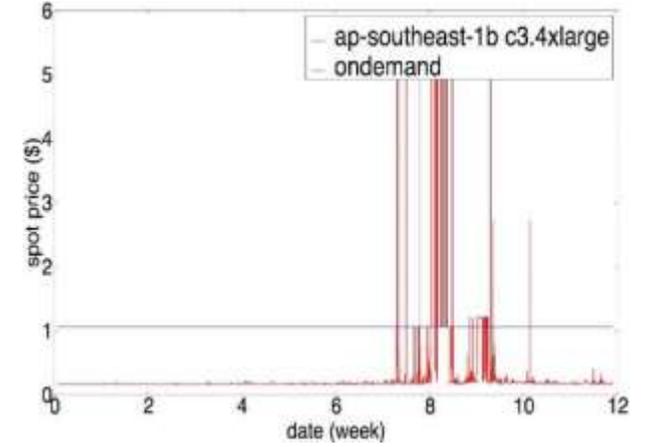
価格と実行時間のポートフォリオ

安価なノードを増やすと可用性が下がる
・再実行のための時間・料金がかかる

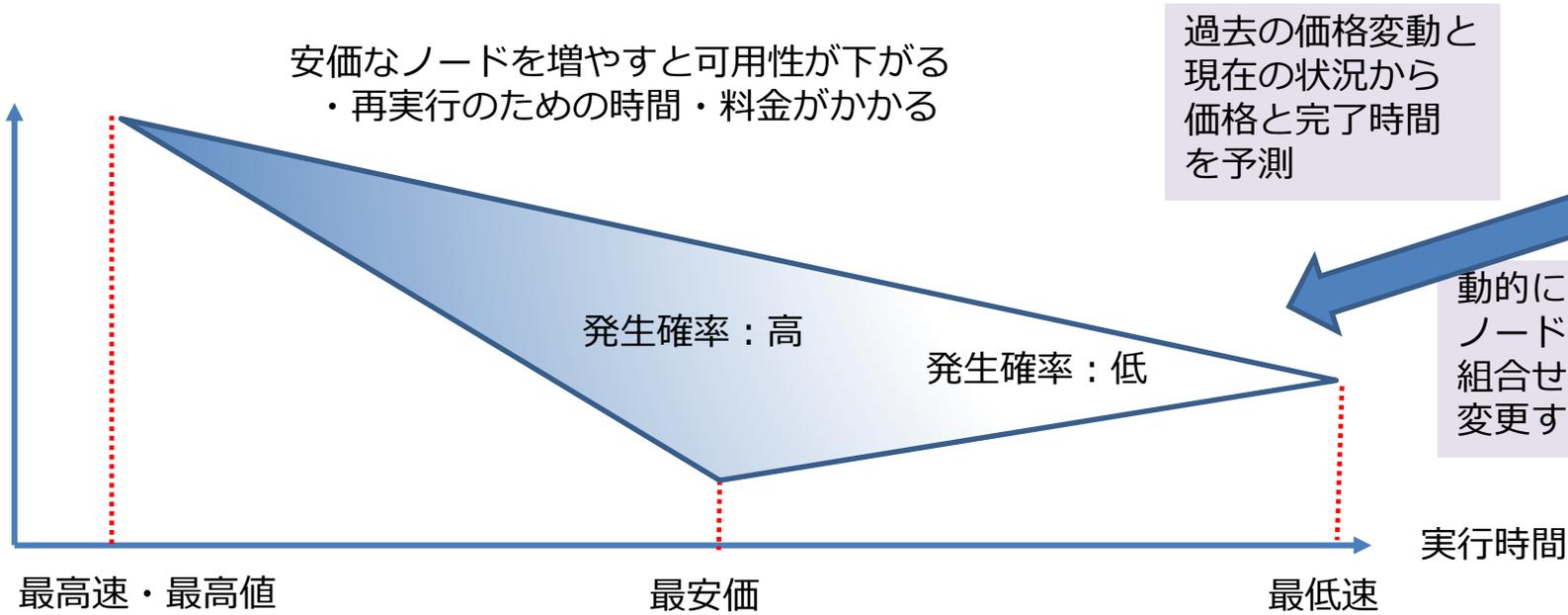
過去の価格変動と現在の状況から
価格と完了時間を予測

動的に
ノードの
組合せを
変更する

遊休リソースが不足すると価格が高騰するため、
通常ノードの価格を超えたら計算停止



モニタリング状況



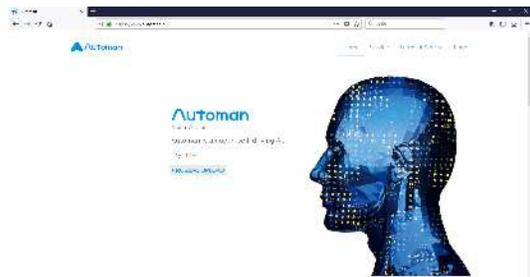
最高速・最高値

最安価

最低速

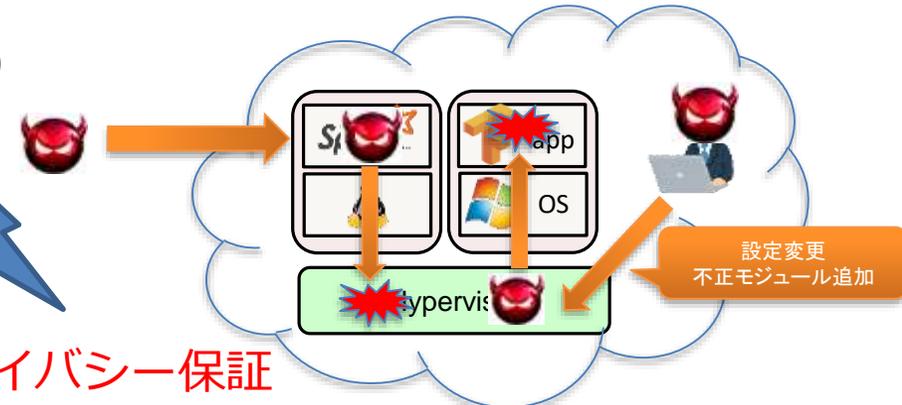
(再実行なしで終了するケース)

(再実行が頻発するケース)

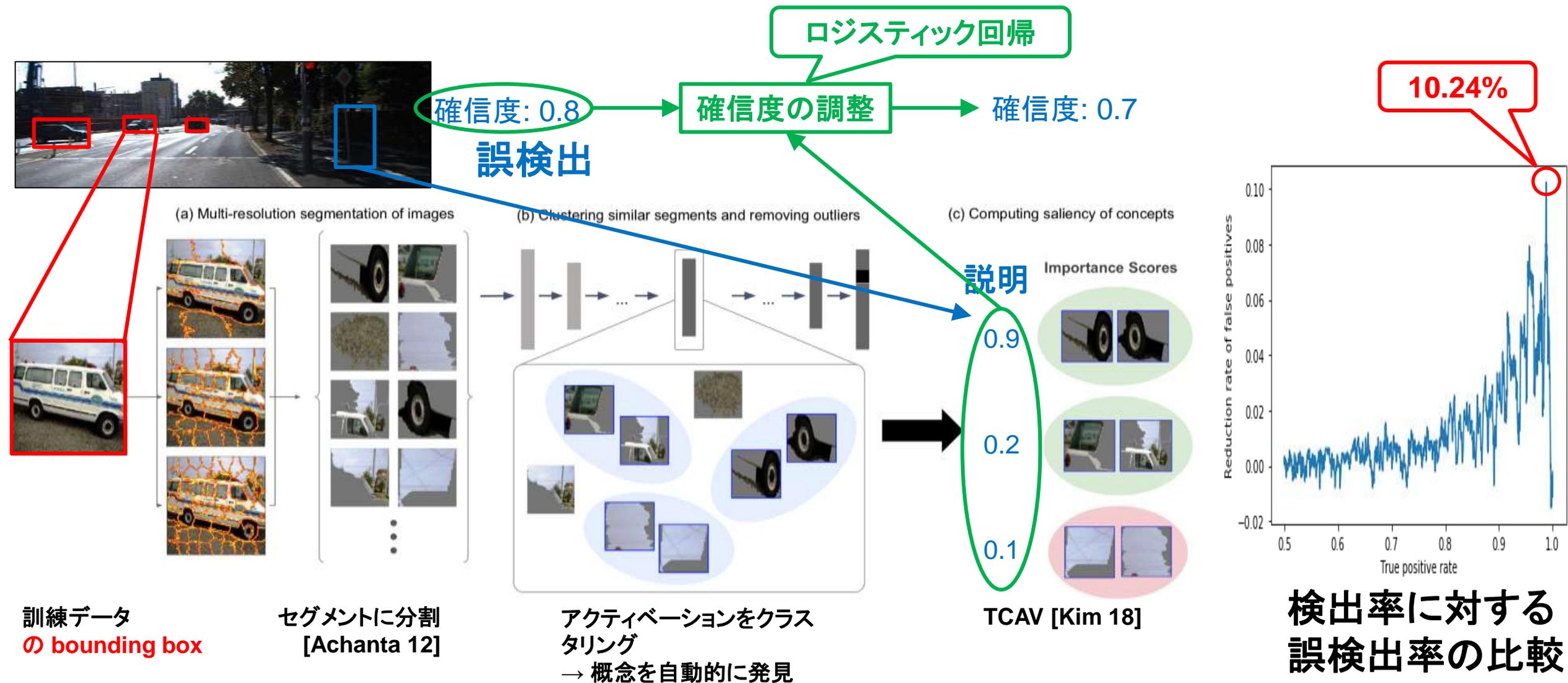


- Software Guard Extension (SGX)
- Memory Protection Extension (MPX)
- Control-Flow Enforcement (CET)
- ...

クラウド上の学習データに対するプライバシー保証



【加速化フェーズ】 Saliency Map/TCAVを活用した推論結果の異常予測



[Ghorbani 19]: A. Ghorbani *et al.* "Towards Automatic Concept-based Explanations" arXiv 2019

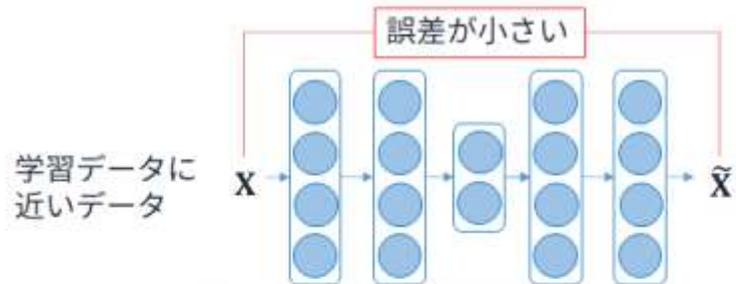
[Achanta 12]: R. Achanta *et al.* "SLIC Superpixels Compared to State-of-the-Art Superpixel Methods" IEEE TPAMI 2012

[Kim 18]: B. Kim *et al.* "Interpretability Beyond Feature Attribution: Quantitative Testing with Concept Activation Vectors (TCAV)" ICML 2018

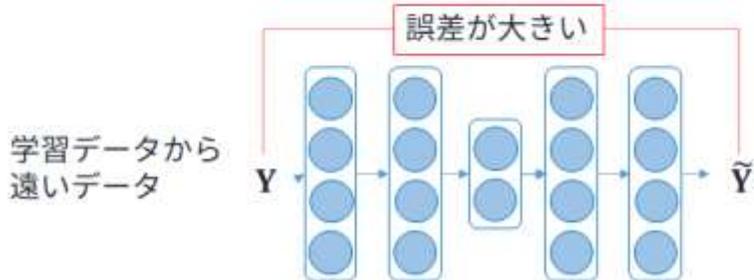
【加速化フェーズ】 AutoEncoderを活用したセンシングデータの異常予測

- CNNモデルの中間表現を活用したAutoEncoderを構築
- 抽象的な特徴に着目した異常予測（未学習シーンの検知）を実現
- 場所・天候・ノイズなどの影響を低減

□ 学習データに近い場合

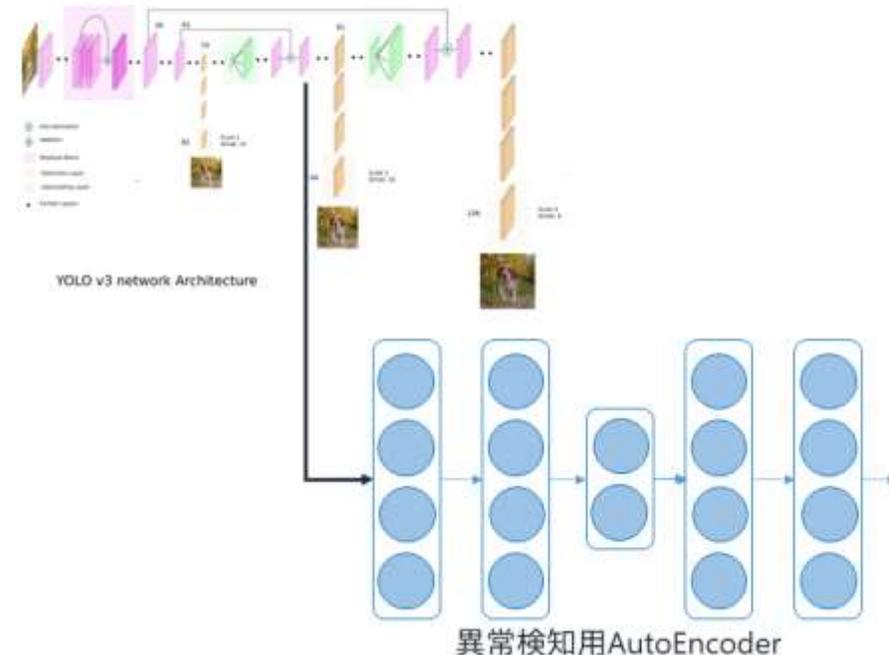


□ 学習データから大きく異なる場合

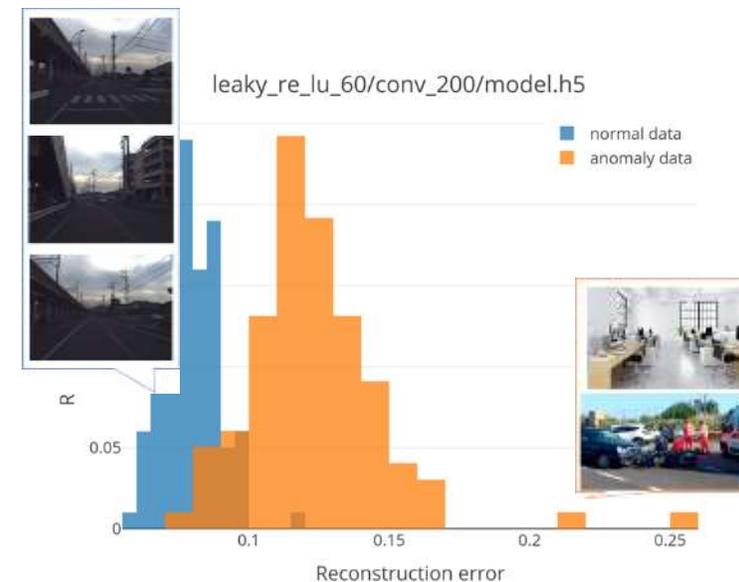


AutoEncoderの特性

□ 検知用AutoEncoderにYolo v3を接続



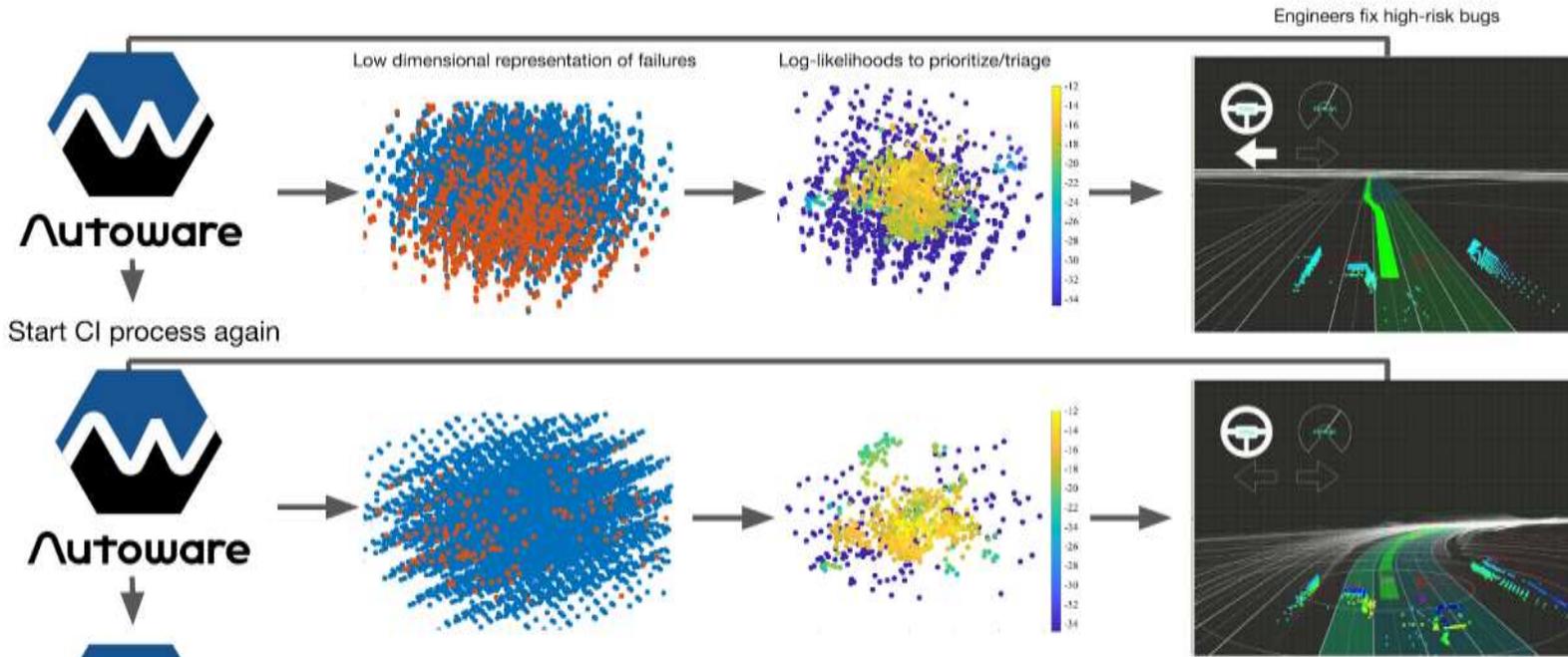
CNNモデルの中間表現を活用



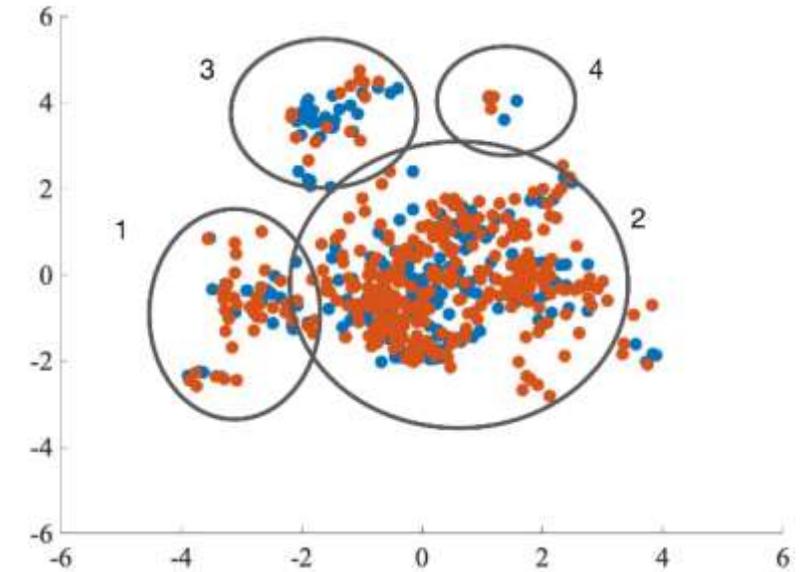
異常予測の結果

【加速化フェーズ】 危険予測を用いた高効率なアルゴリズム検証手法

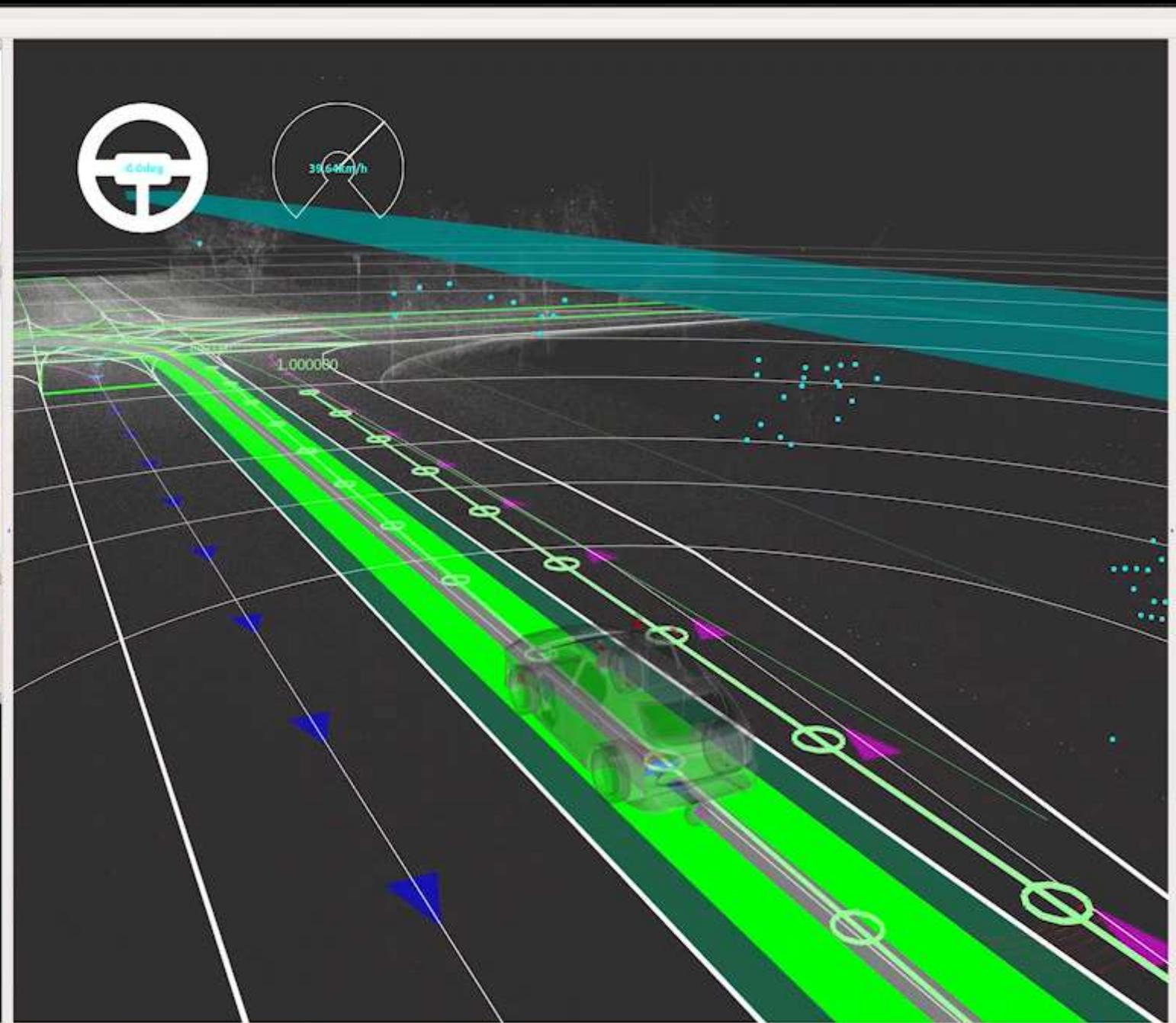
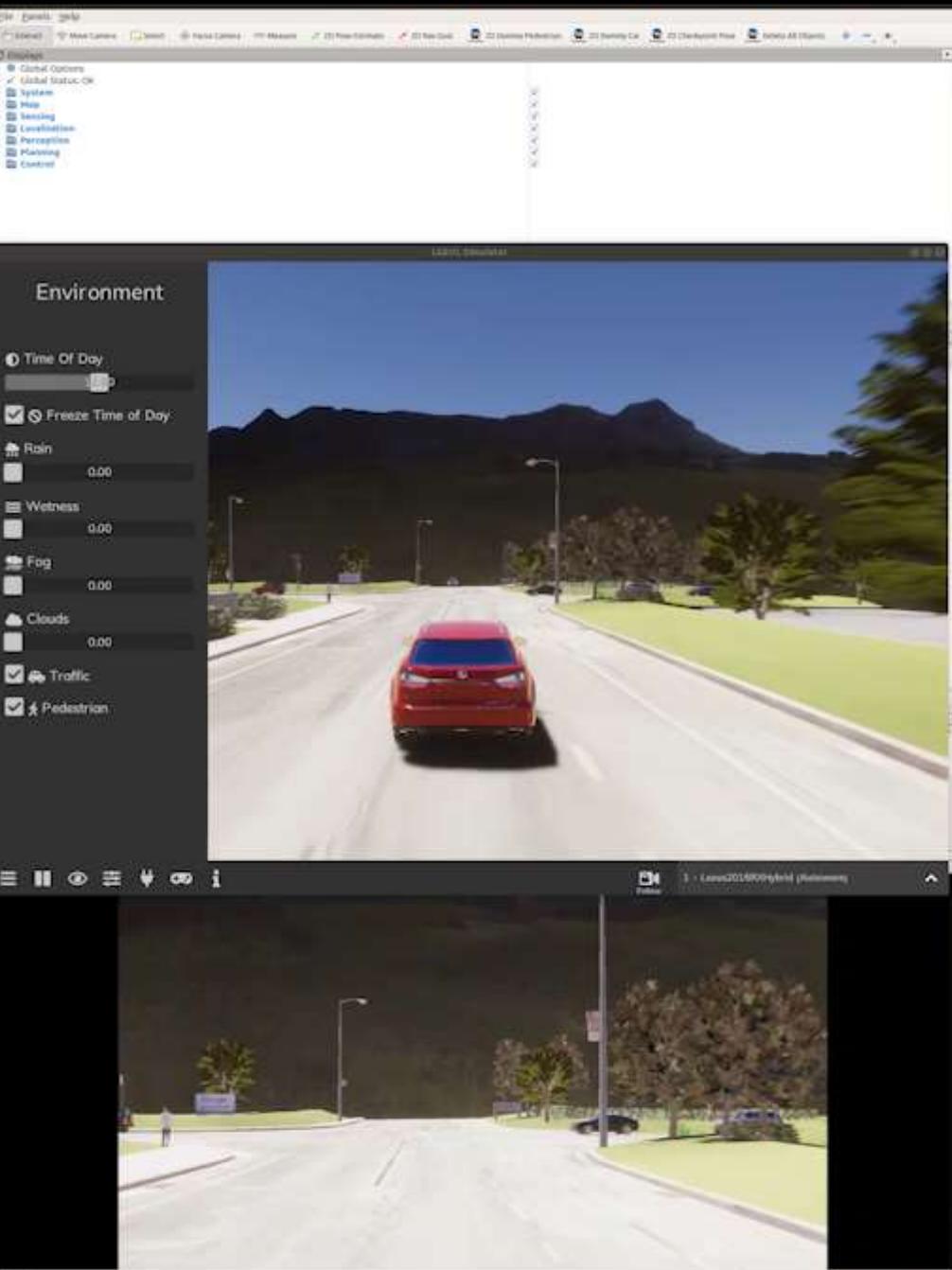
- シミュレーション上で自動運転ソフトウェア（Autoware）の機能を評価できる環境を構築
- 天候条件（太陽高度、晴天度、降雨量など）、車の初期位置・速度・行動といったパラメーターを変化させつつ、TTC（Time to Collision）とシナリオ完了に関する指標を用いた評価を実施
- 評価結果をグループ化することによってカテゴリーに分け優先順位付けすることで、安全性の向上に資するアルゴリズム改良をより効率的に行える手法を確立



シミュレーション上で発見されたリスクの可視化
(アルゴリズムの改良により上段に比べて下段では高リスクの事象が低現象)



グループ化されたリスク
(2で示されるようにカーブにおける低速時のリスクが多い)









研究成果を事業化する。

