

車載前方映像からの走行環境復元

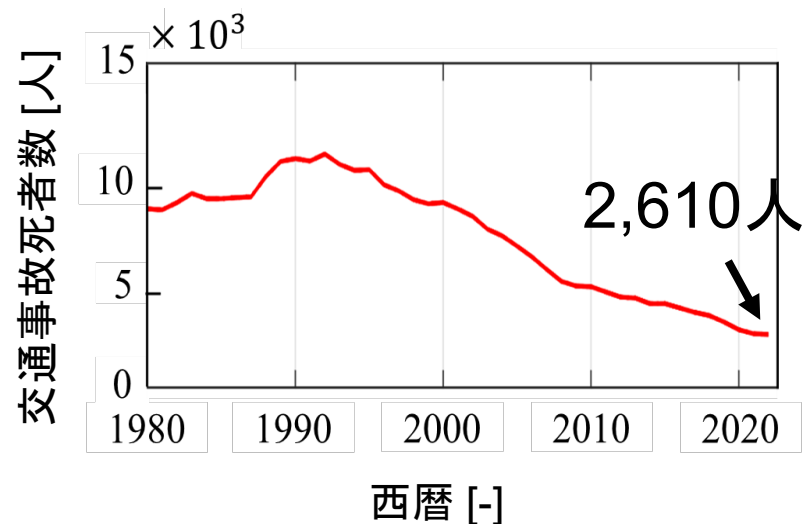
日本大学生産工学部 機械工学科
専任講師 風間恵介

2025.11.24 (Mon.) @名古屋大学・日本大学・神奈川工科大学 合同シンポジウム

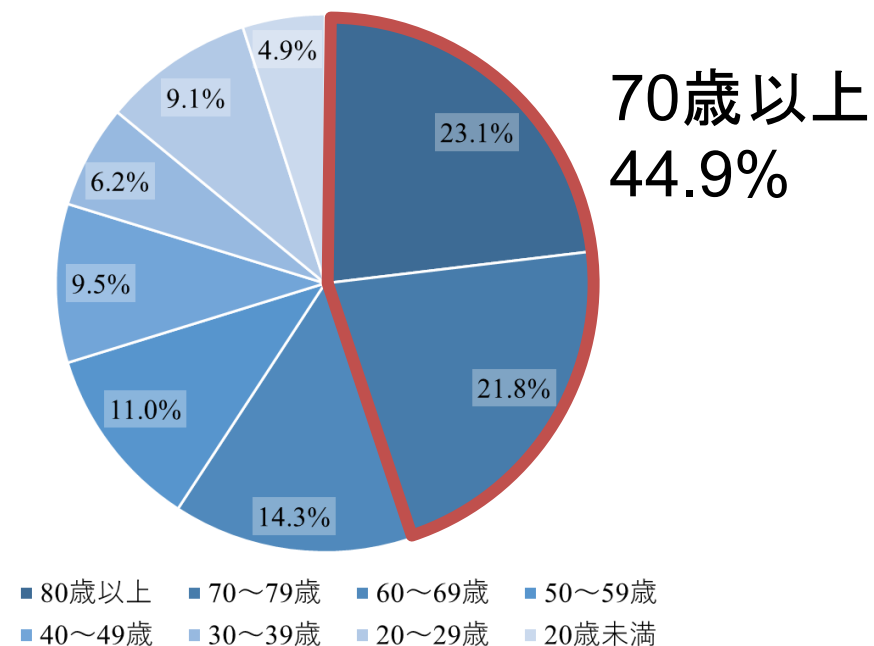
『3大学が考えるデジタルトランスフォーメーション～テスト＆シミュレーションの現状と将来～』

1. 研究背景
2. 車載前方映像を用いた走行環境の再構成
3. シミュレーションによる性能評価
4. まとめ

内閣府：世界一安全な道路交通の実現を目指し、
令和7年までに24時間死者数を2,000人以下とする



交通事故死者数の推移



自動車乗車中の
年齢層別死者数(令和4年)

→高齢者の交通安全に関する問題が顕在化している

- ・ 高齢者はどのような機会に運転するのか
→ 日常的な買い物, 通院
- ・ どのような動機で運転をしているのか
→ 公共交通へのアクセスの悪さ
送迎を依頼できる関係性の人間がいない



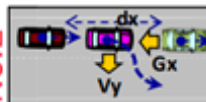







移動手段がないため

JSAEによる自動運転レベルの定義

自動運転 レベル	名称	タスク実行	安全に係る 監視・対応主体
1	運転支援	システムが前後・左右いずれかの車両制御に係る 運転タスクのサブタスクを実施	運転者
2	部分運転自動化	システムが前後・左右両方の車両制御に係る 運転タスクのサブタスクを実施	運転者
3	条件付き運転自動化	システムが全ての運転タスクを実施(限定区域内)	システム(作動継続が 困難な場合は運転者)
4	高度運転自動化	システムが全ての運転タスクを実施(限定区域内)	システム
5	完全運転自動化	システムが全ての運転タスクを実施	システム

移動問題の解決手段にはレベル4以上の自動運転が求められる

- Field Operational Tests(FOT) :
公道を長距離走行し，統計的安全性を保障する
→時間がかかる，**実際に遭遇した場面しか検証できない**
- シナリオベースの手法：
交通状況を条件別に分類し，シミュレーションを活用する
→**一般道のシナリオは複雑**

		Surrounding vehicles position & motion				
						
Road geometry	Ego-vehicle behavior	Cut in	Cut out	Acceleration	Deceleration (Stop)	Sync
Main roadway	Lane keep	No.1 	No.2 	No.3 	No.4 	
	Lane change	No.5 	No.6 	No.7 	No.8 	No.9 

交通状況の可視化と具体的な数値データの作成が必要

自動運転システムの安全性評価に，事故・ヒヤリハットシーンを活用する



走行軌跡や走行環境を推定し，シミュレーション空間に再現可能なデータにする

課題：前方映像より道路領域と車両位置の抽出が必要

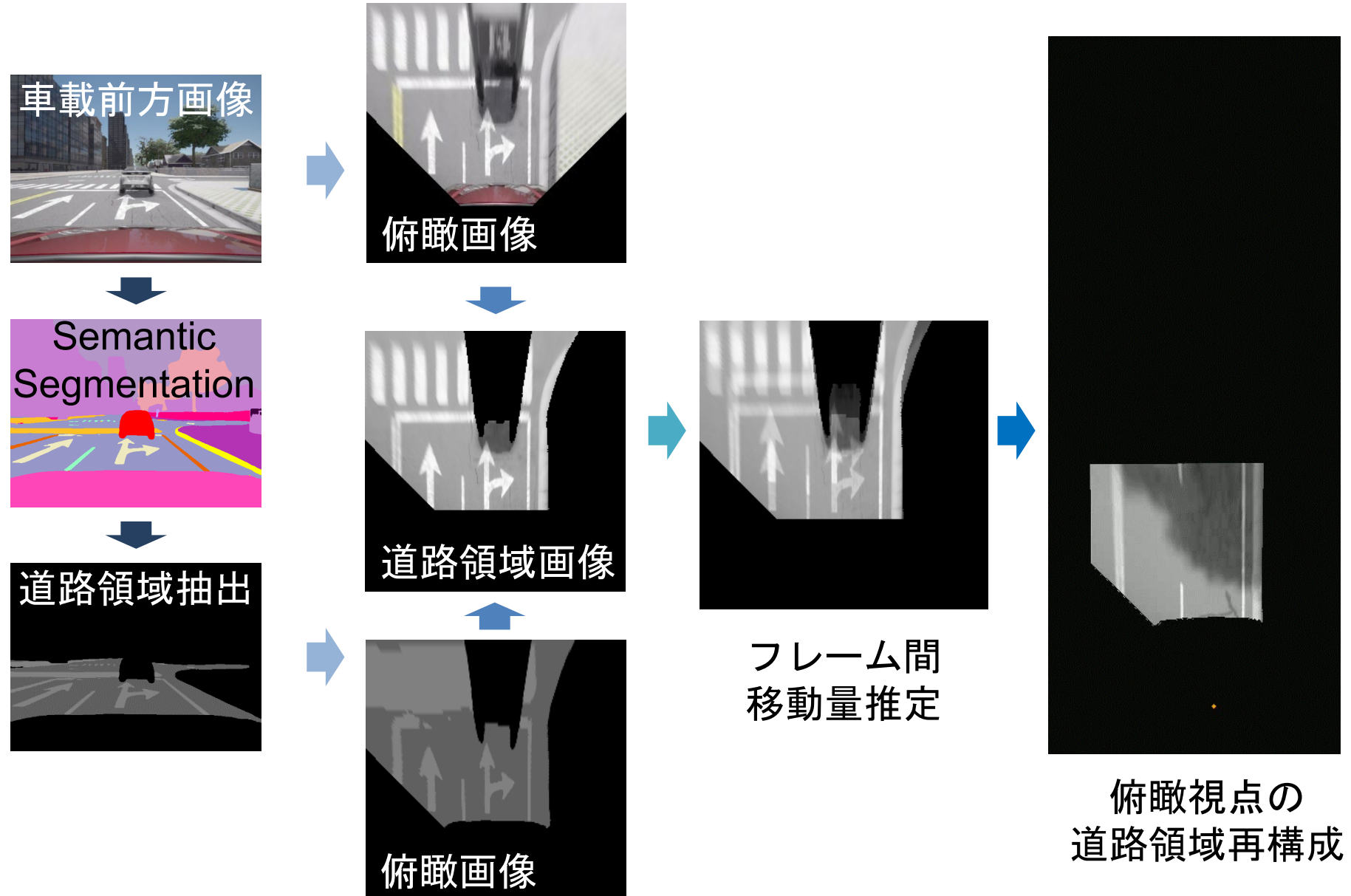
- ・輝度値を用いることで特徴点として検出できない画素を活用できる
- ・走行位置に俯瞰画像を重ね合わせることで道路領域を復元することができる

＜本研究の目的＞走行した道路を可視化する手法を提案する

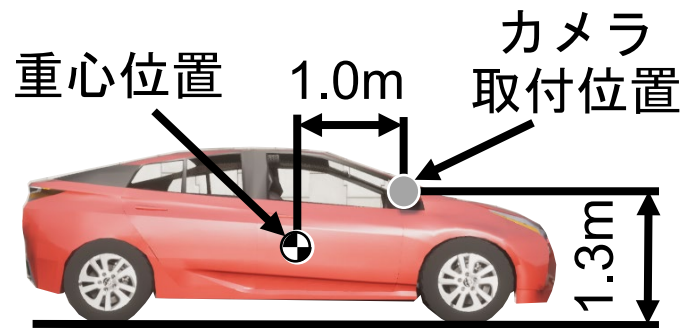
車載前方映像の画素を分類することで道路情報を抽出し、
画像位置合わせを用いて走行軌跡を推定する

- 記録されたデータを対象とするので、リアルタイム処理は不要
- 提案手法の妥当性を確認するため、シミュレータを用いて解析データ作成

1. 研究背景
2. 車載前方映像を用いた走行環境の再構成
3. シミュレーションによる性能評価
4. まとめ



自動運転シミュレータ「CARLA」を用いて、検証データを作成



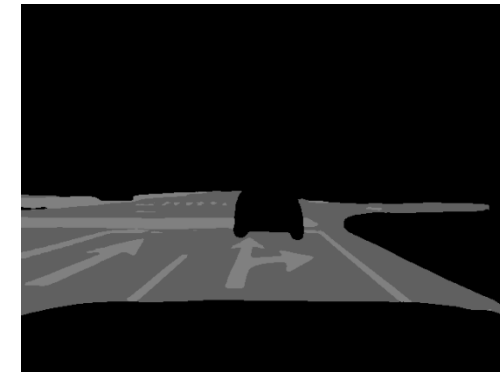
Model : HR-Net+OCR
Dataset : CityScapes,
A2D2
mIoU : 55.46%

Semantic Segmentation画像



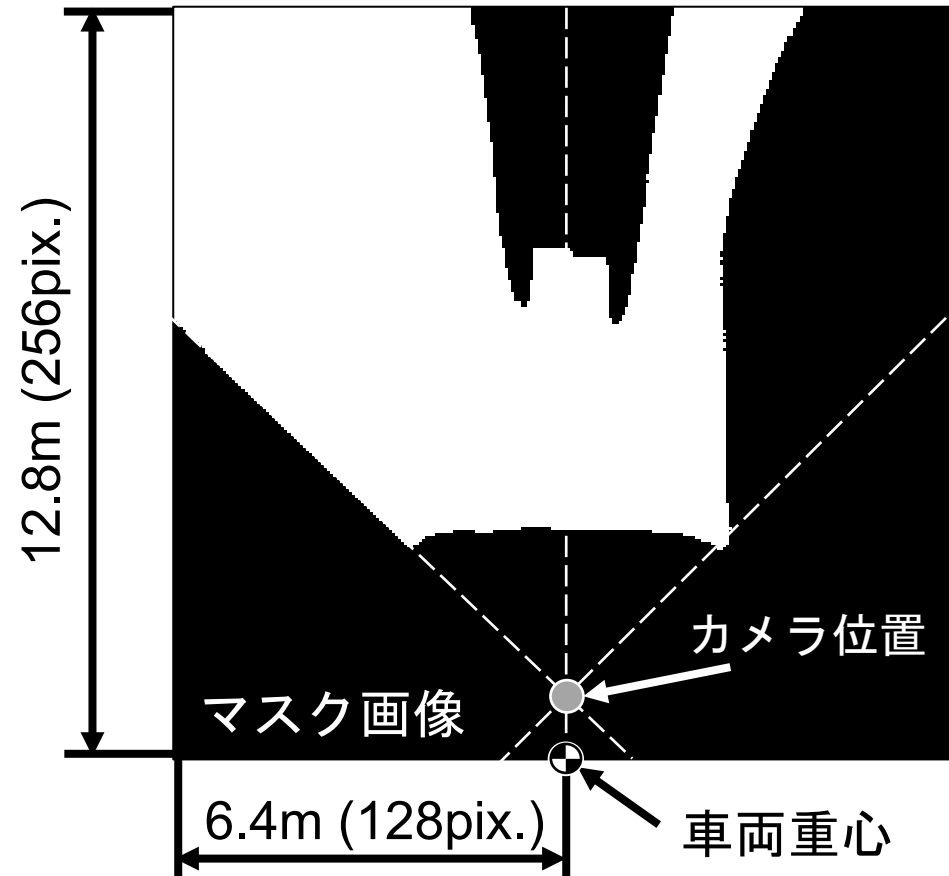
車載前方画像

時間 : 15s
サイズ : 640x480pix.
視野角 : 90deg
フレームレート : 15fps

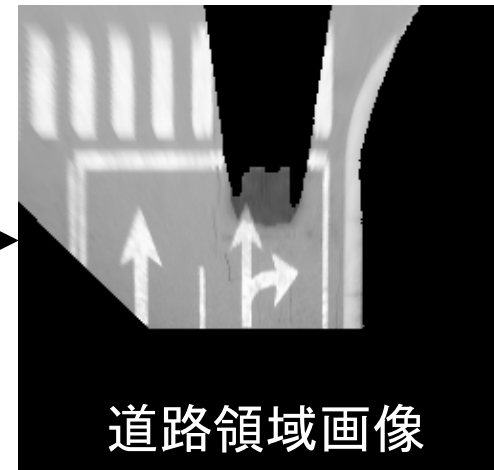
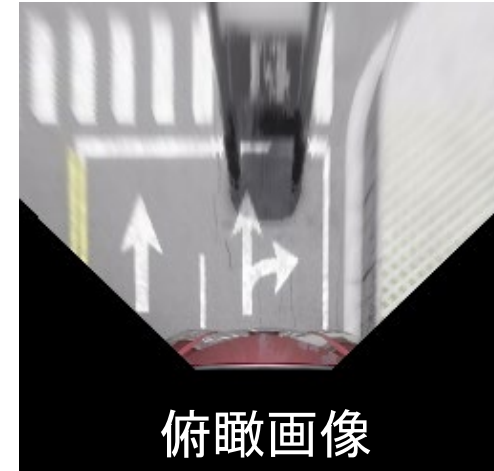


道路特徴抽出画像

俯瞰画像は**ピッチ角の真値**を用いて、透視投影変換して作成する



マスク処理



画像の輝度値の二乗平均平方根誤差から，移動量 p を求める

$$E(I_n, I_{n+1}, \mathbf{p}) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (I_{n+1}(\mathbf{x}_i) - I_n(\mathbf{x}_i, \mathbf{p}))^2$$

I_n : n フレーム目の画像
 N : 計算画素数
 \mathbf{p} : 移動量(T_x, T_y, T_θ)

$$I_{n+1}(\mathbf{x}_i) - I_n(\mathbf{x}_i, \mathbf{p}) = 17200$$

90	90	90	60
90	110	90	90
110	110	110	90
150	150	150	150

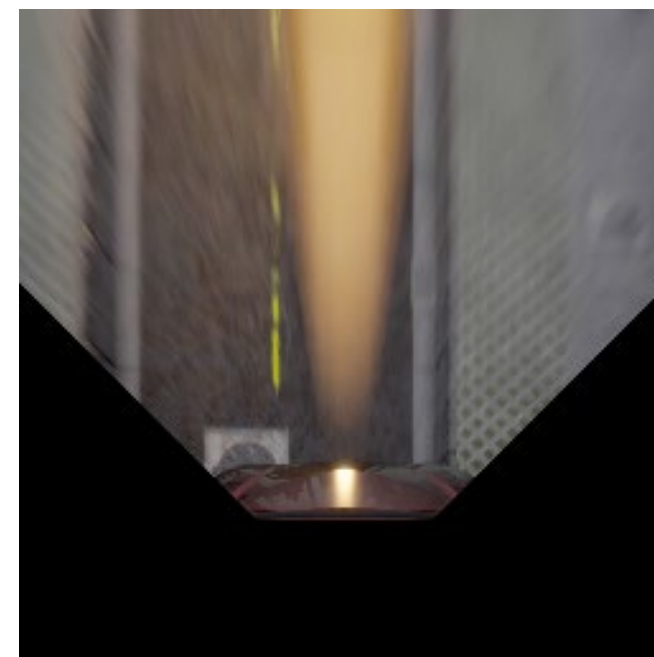
20	60	60	60
60	90	90	90
90	90	110	90
90	110	110	110

$$I_{n+1}(\mathbf{x}_i) - I_n(\mathbf{x}_i, \mathbf{p}) = 0$$

90	90	90	60
90	110	90	90
110	110	110	90
150	150	150	150

20	60	60	60
60	90	90	90
90	90	110	90
90	110	110	110

1pix. 1pix.



光が映り込んだ画素の
影響を受ける

道路標示を優先的にするために重みを定義する

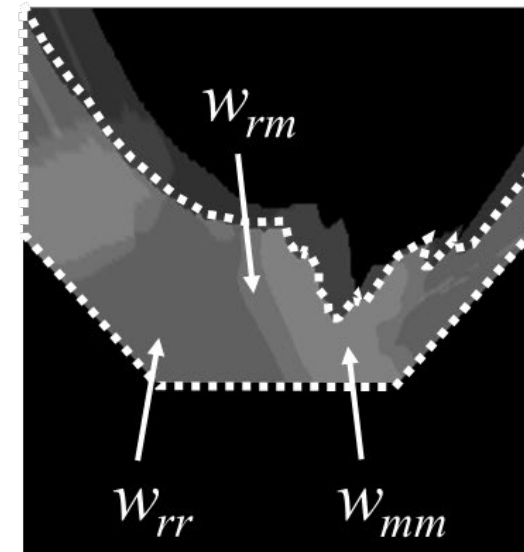
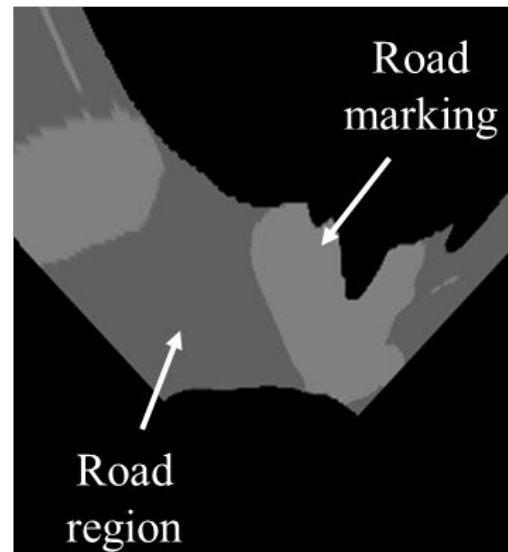
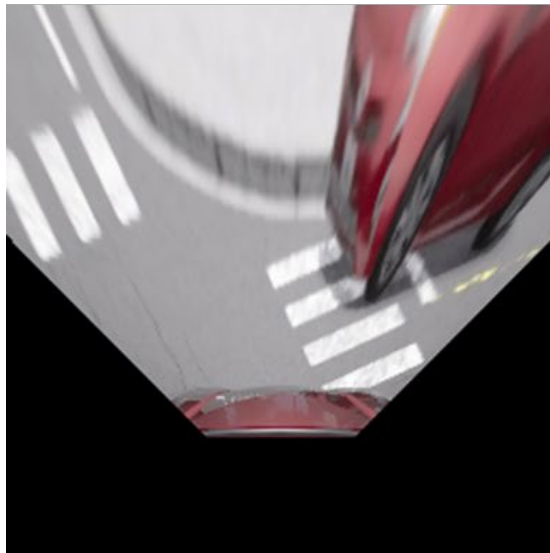
$$E(I_n, I_{n+1}, \mathbf{p}) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N w_i (I_{n+1}(\mathbf{x}_i) - I_n(\mathbf{x}_i, \mathbf{p}))^2$$

w_{rr} : どちらの画素も道路領域を示す

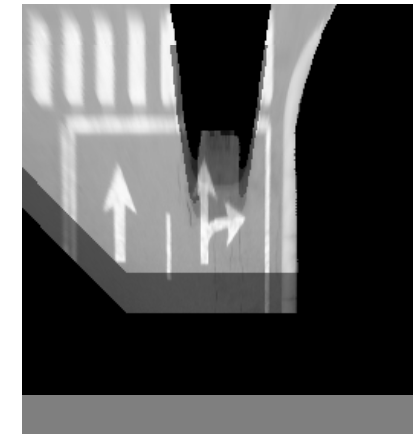
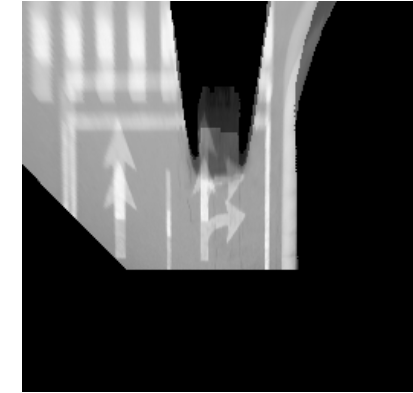
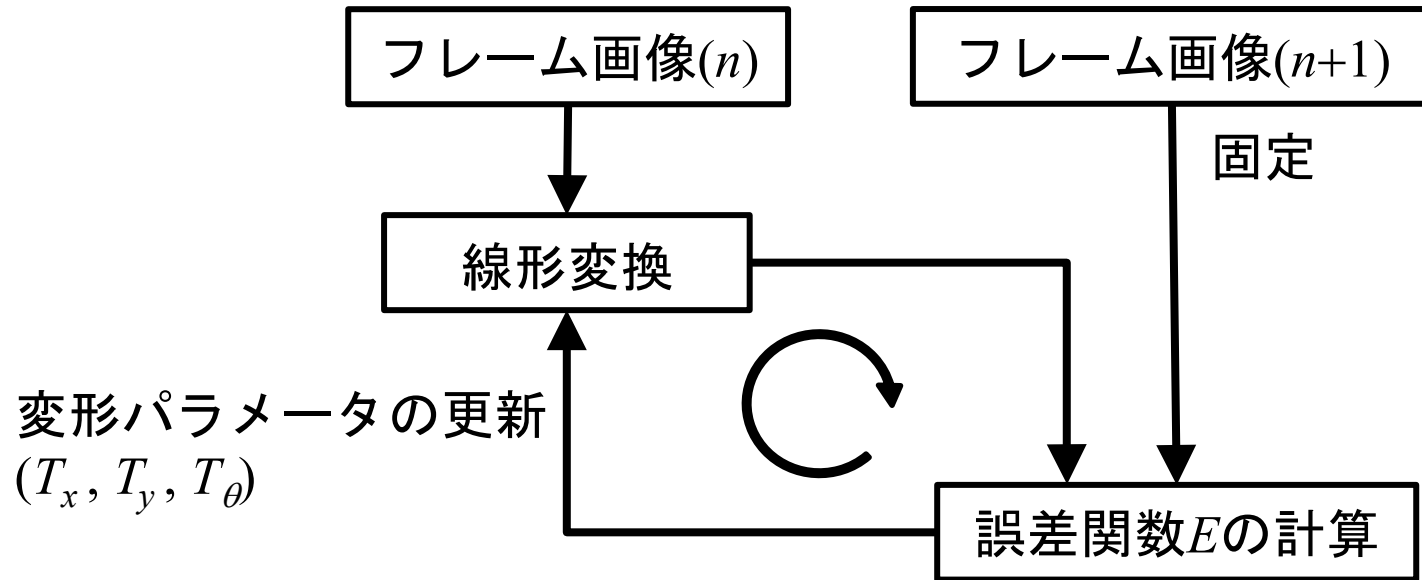
w_{rm} : 道路領域と道路標示それぞれを示す

w_{mm} : どちらの画素も道路標示を示す

⇒ 予備実験にて $w_{rr} : w_{rm} : w_{mm} = 1:20:50$ と定めた



道路領域画像を用いてフレーム間移動量を推定

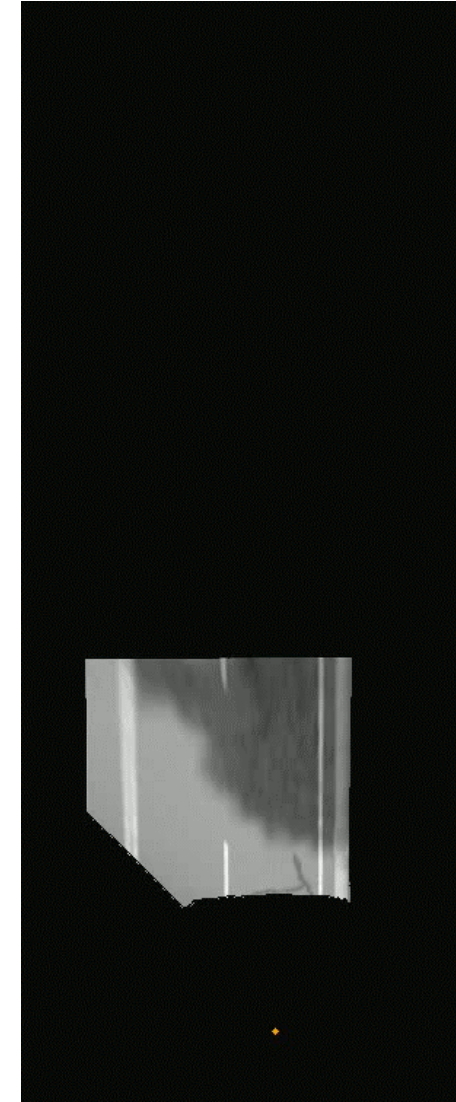
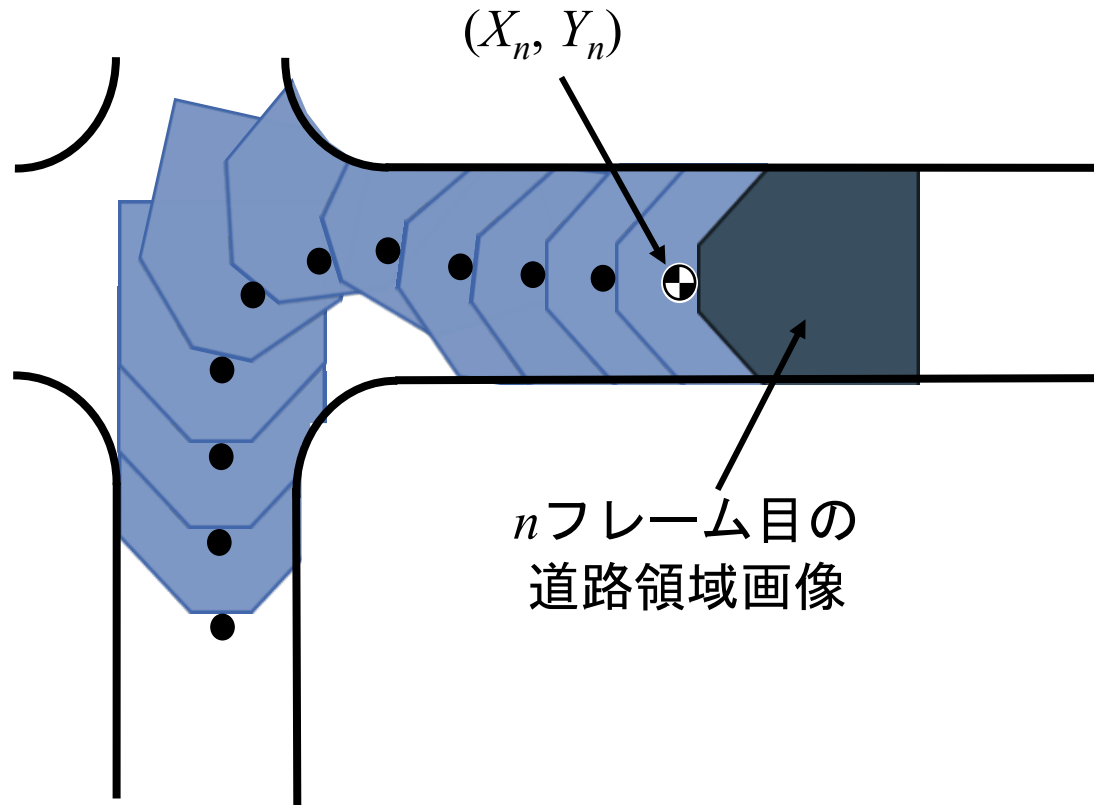


自車のフレーム間移動量
 $\operatorname{argmin} E(T_x, T_y, T_\theta)$

(n+1)フレーム目の自車両の位置

$$\begin{pmatrix} X_{n+1} \\ Y_{n+1} \\ \varphi_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_n \\ Y_n \\ \varphi_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_x \cos(\varphi_n + T_\theta) - T_y \sin(\varphi_n + T_\theta) \\ T_x \sin(\varphi_n + T_\theta) + T_y \cos(\varphi_n + T_\theta) \\ T_\theta \end{pmatrix}$$

n フレーム目の自車両の位置に
道路領域画像を重ね合わせる



1. 研究背景
2. 車載前方映像を用いた走行環境の再構成
3. シミュレーションによる性能評価
4. まとめ



自車両のみ

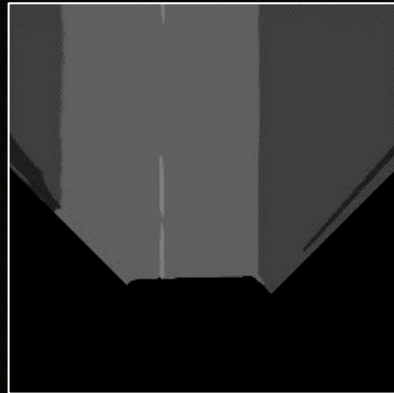
初期速度：19.6km/h

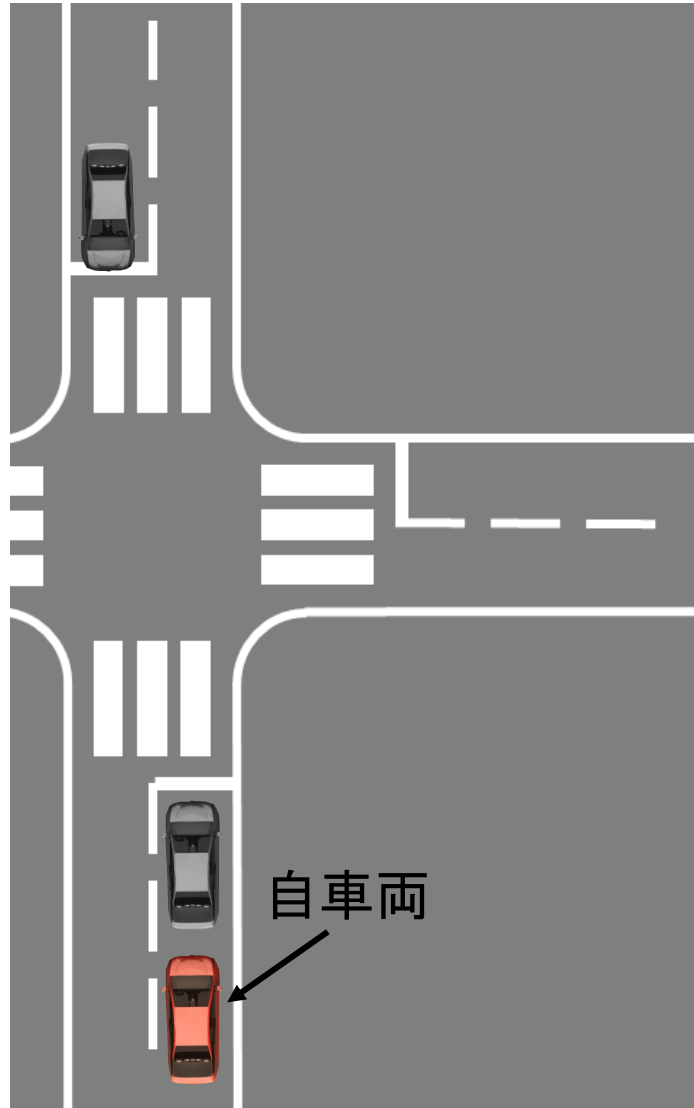
交差点右折時：11.6km/h

太陽方位角：90deg

- Grand truth
- Estimation result

自己位置を推定しながら、
走行環境を可視化することが
できた





先行車・対向車あり

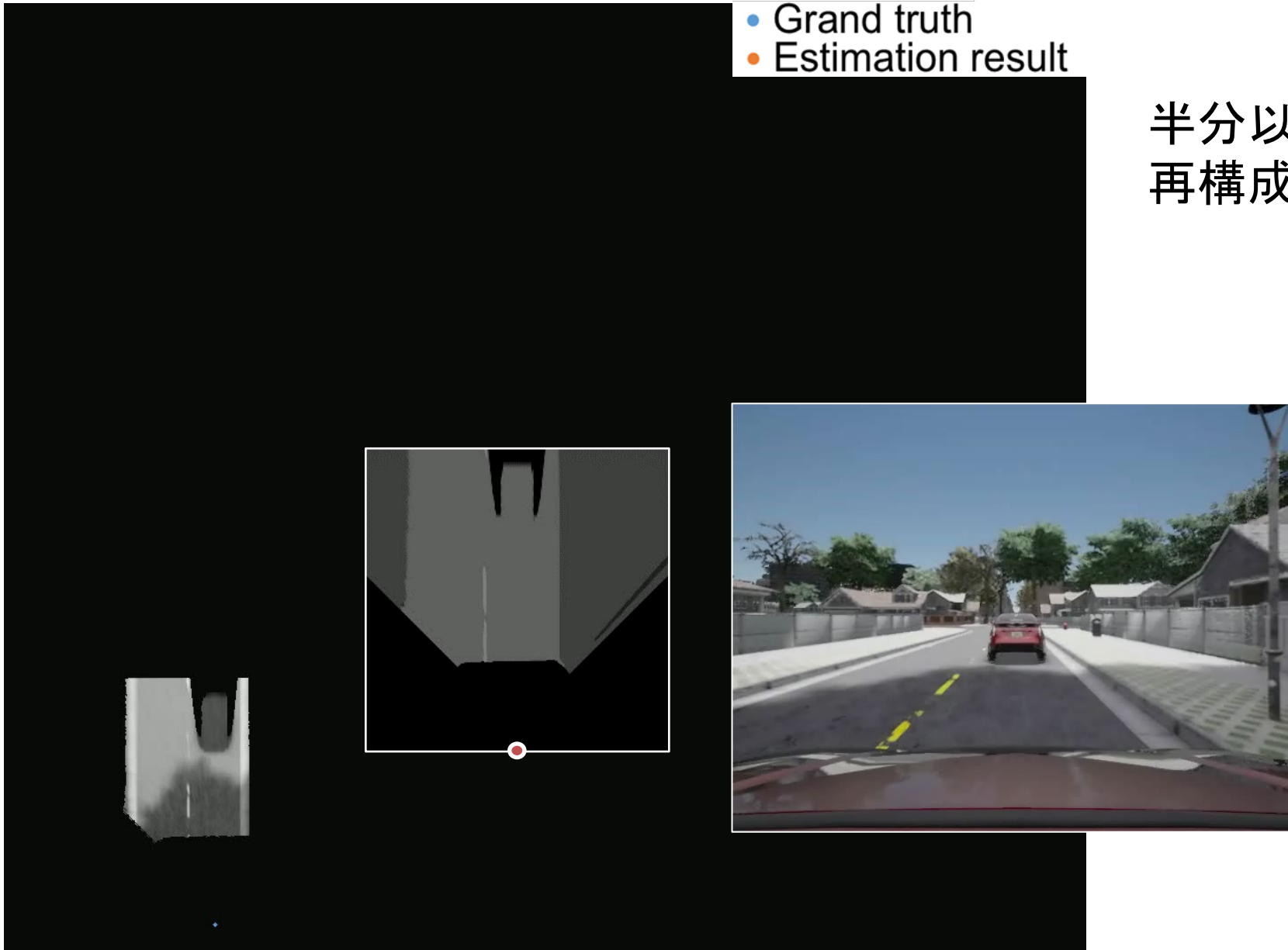
初期速度：19.6km/h

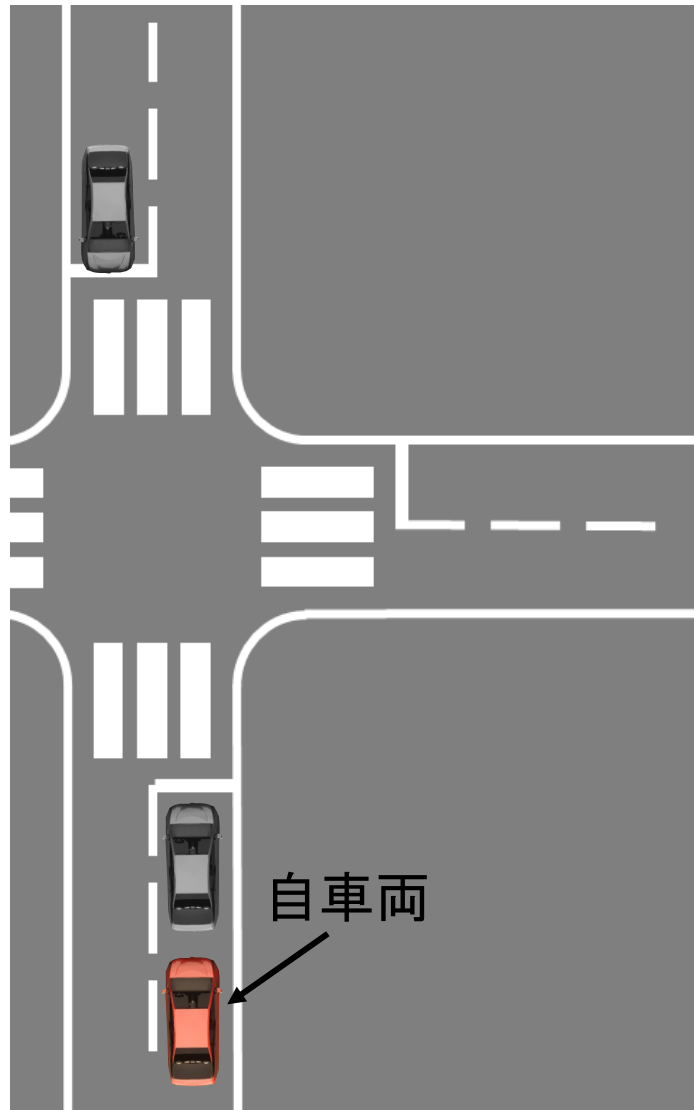
交差点右折時：11.6km/h

太陽方位角：90deg

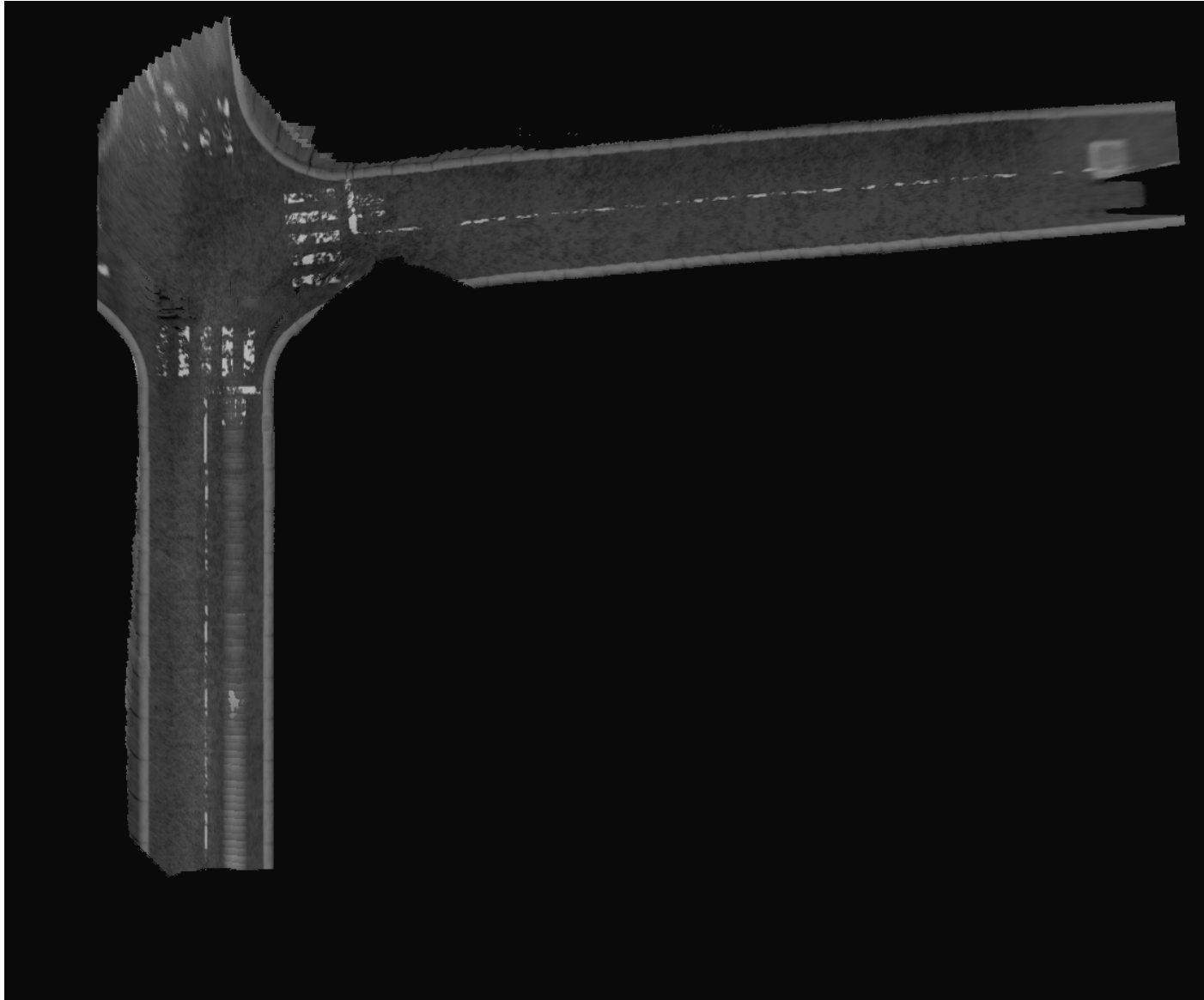
- Grand truth
- Estimation result

半分以上の領域が覆われても
再構成できた





先行車・対向車あり
初期速度：19.6km/h
交差点右折時：11.6km/h
太陽方位角：5deg



逆光の場合においても
道路領域の再構成ができた

1. 研究背景
2. 車載前方映像を用いた走行環境の再構成
3. シミュレーションによる性能評価
4. まとめ

<目的>

- 走行した道路を可視化する手法を提案する.
- 車載前方映像の画素を分類することで道路情報を抽出し, 画像位置合わせを用いて走行軌跡を推定する.

<結論>

- Semantic Segmentationにより画素情報を分類できた.
- 重みを定義することで光の影響を抑制できた.
- 画像位置合わせにより自車位置を推定できた.
- 俯瞰画像を重ね合わせることで道路領域の可視化した.
- 他車両や光が存在しても道路領域を可視化できた.