

単眼カメラによるガソリンスタンドの 給油位置への自動駐車システム

2021年2月16日(火)

岩手県立大学ソフトウェア情報学部
准教授 鈴木 彰真

背景（従来技術と問題点）

- ガソリンスタンドにおいて、給油位置に進入する際の操作誤りによる給油機への接触事故が発生している[1]
 - 対策：安全ポールを設置したが効果なし

ガソリンスタンドで自動運転の適用例は見当たらない

駐車技術

- 四台の単眼カメラを用いた白線誘導による自動駐車システム[2]
 - カメラと超音波センサを用いて駐車スペースを検出し、操縦支援システムを開発している[3]
- ⇒ 誘導白線の設置や複数センサが必要

システムの目的

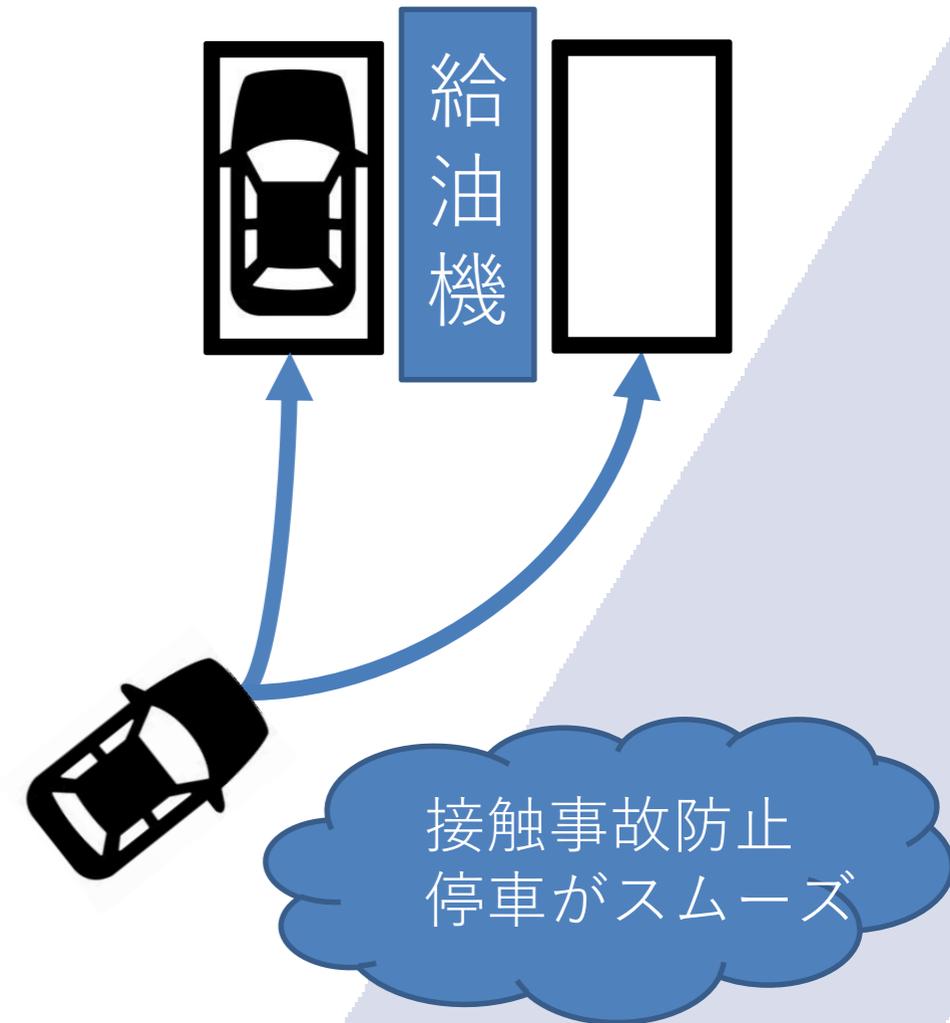
単眼カメラのみを用いて前方の枠内に自動駐車

- 単眼カメラのみで駐車枠を検出
- 枠に対する位置と姿勢（方向）の推定

単眼カメラからの入力画像から駐車枠を検出
自動車を駐車枠への誘導・停車

要求条件

- 追加のインフラを設置しない
- 既存の白枠線を目印として利用
- 枠線間や角が一部欠損していても検出できる



システムの流れ

駐車枠抽出

- 白線を検出
- 駐車枠の形状を判定

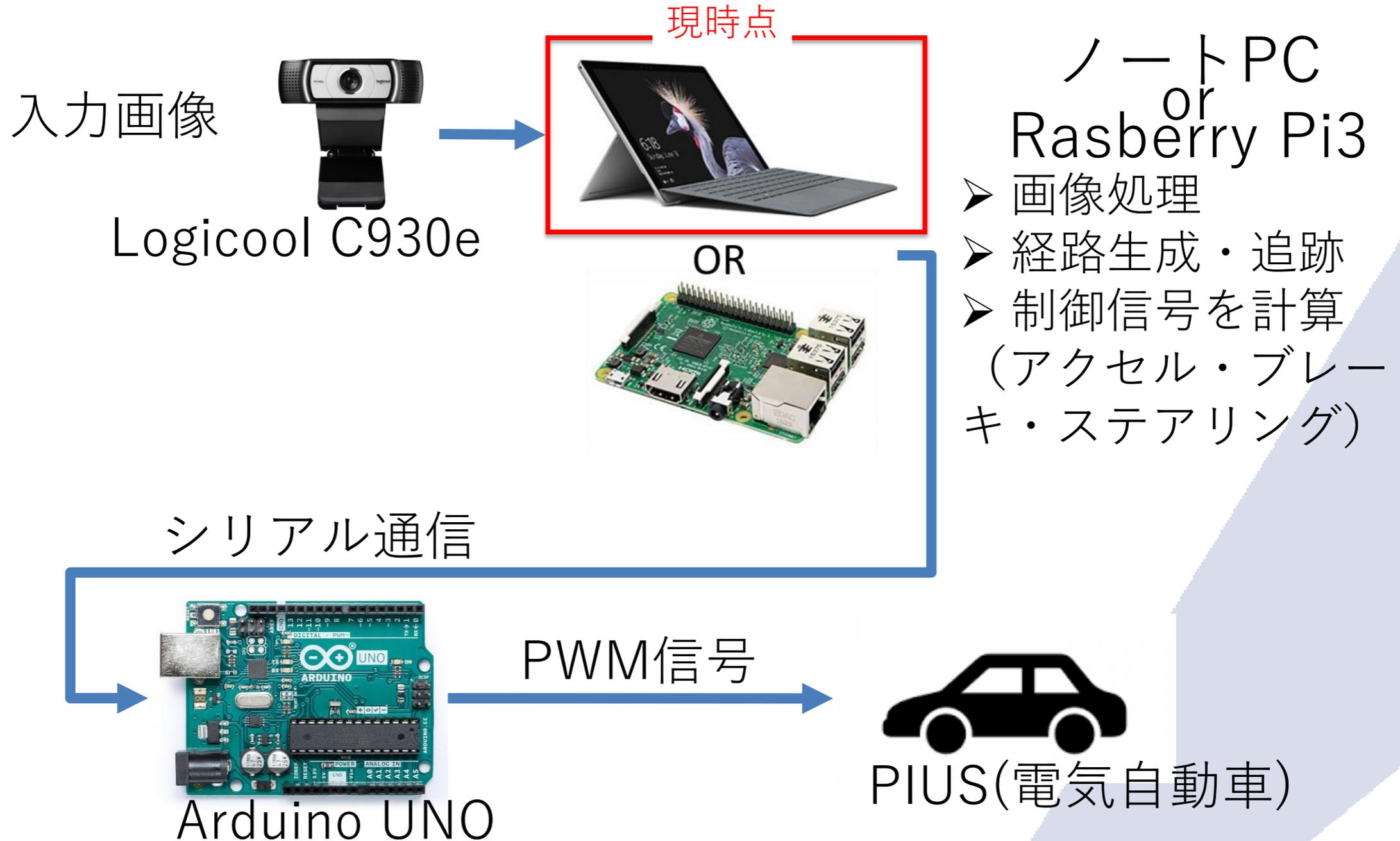
駐車枠まで誘導

- 枠線に対する自車両の位置と姿勢の推定
- 経路生成
- 経路追跡

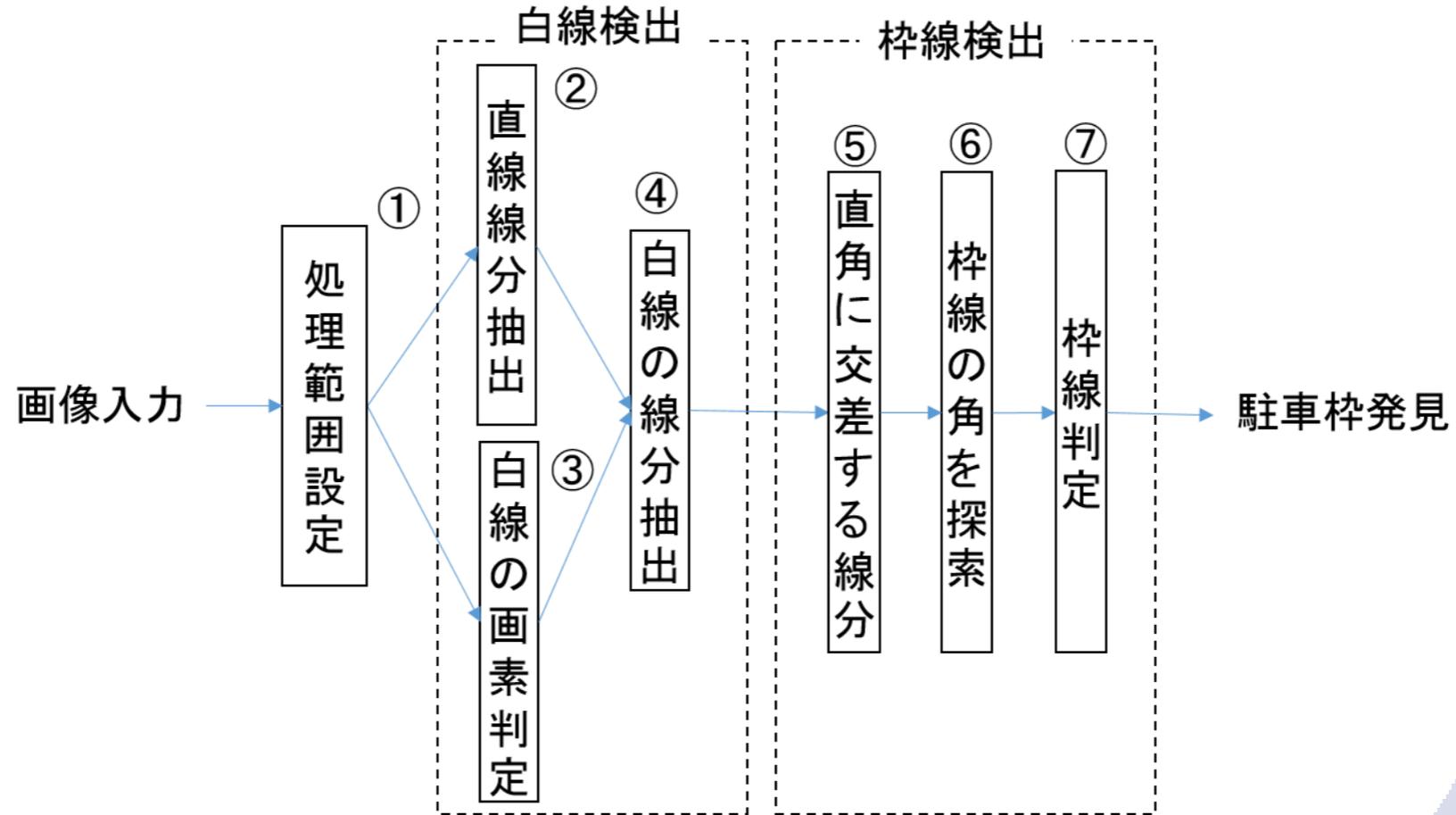
自動車制御

- アクセル
- ブレーキ
- ステアリング

装置構成



枠線画像処理手順



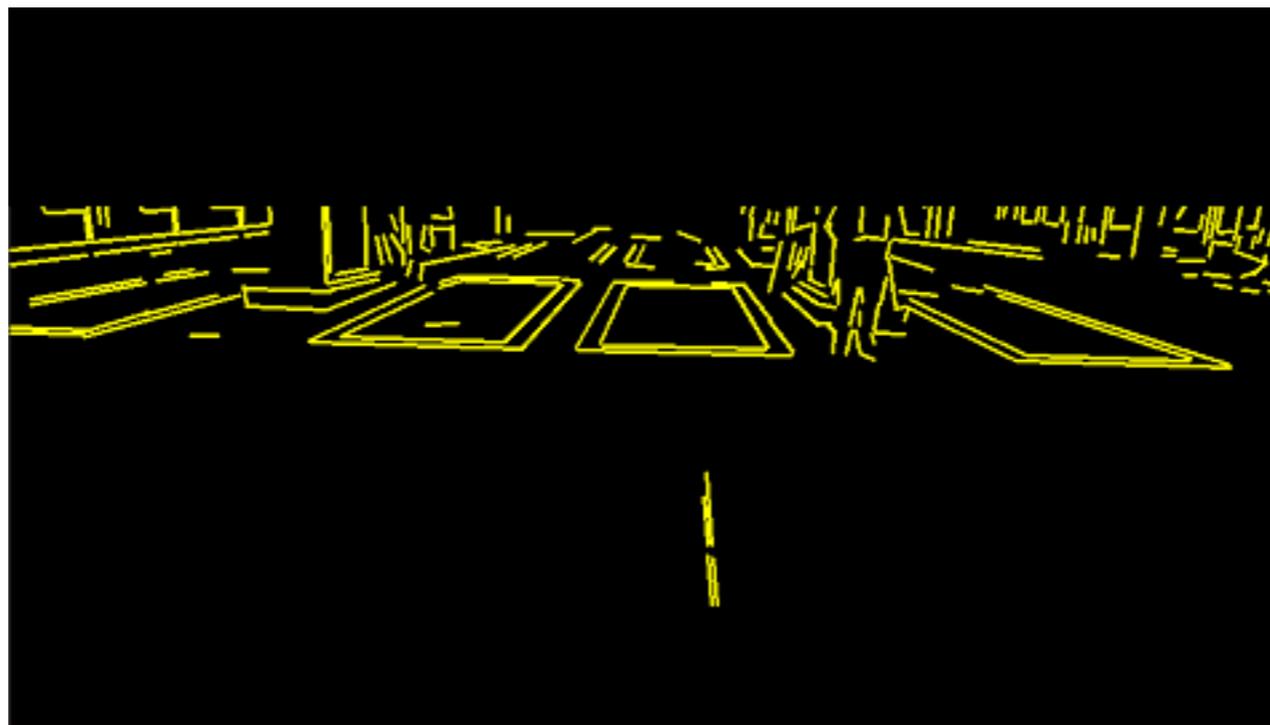
※⑦: 駐車枠の形状であるものを駐車枠の枠線と判定するのみであるため、画像を用いた説明は省略する

① 処理範囲設定



カメラの設置位置から10m以内を画像処理範囲とする

白線検出：②直線的な輪郭線



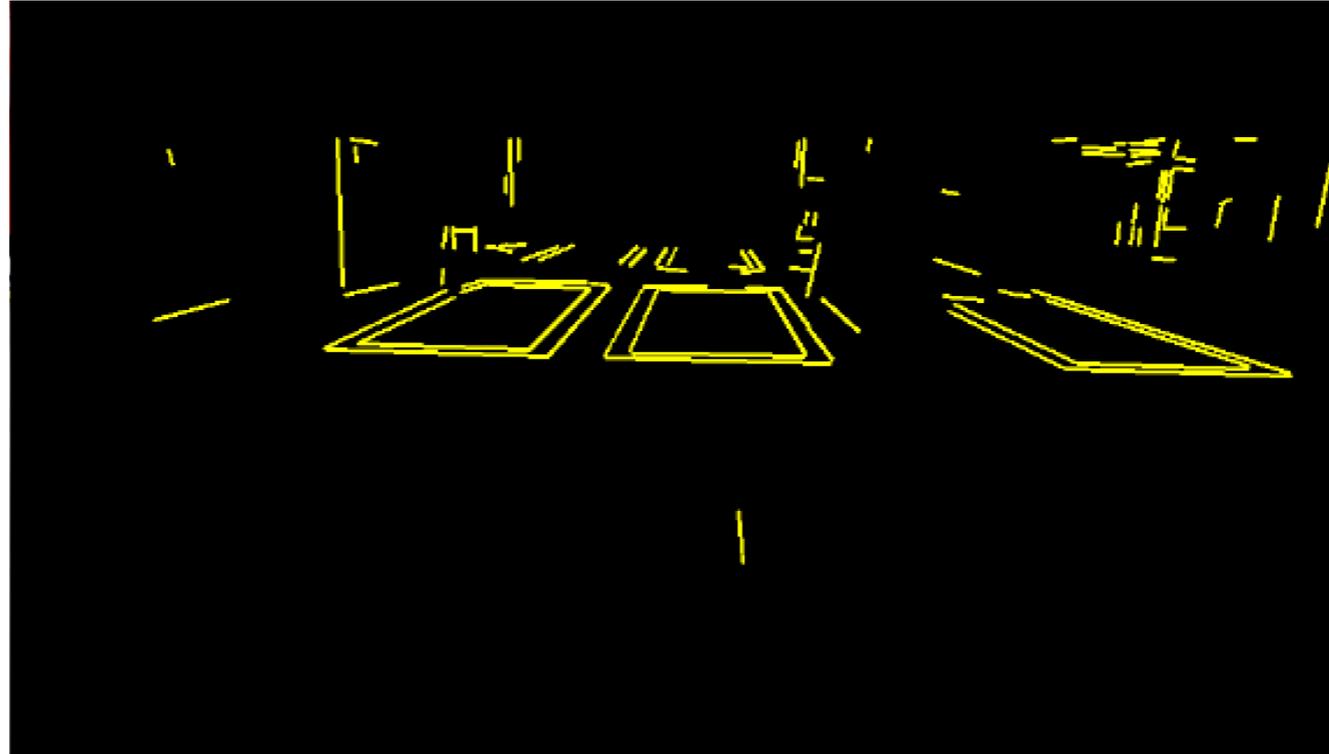
LSD(a Line Segment Detector) [4]手法を用いて直線的な輪郭線を抽出

白線検出：③白色系画素

- 明度が上位の30%の画素抽出 → 二値化(白)
- 彩度が高い画素を除去 → 二値化(黒)



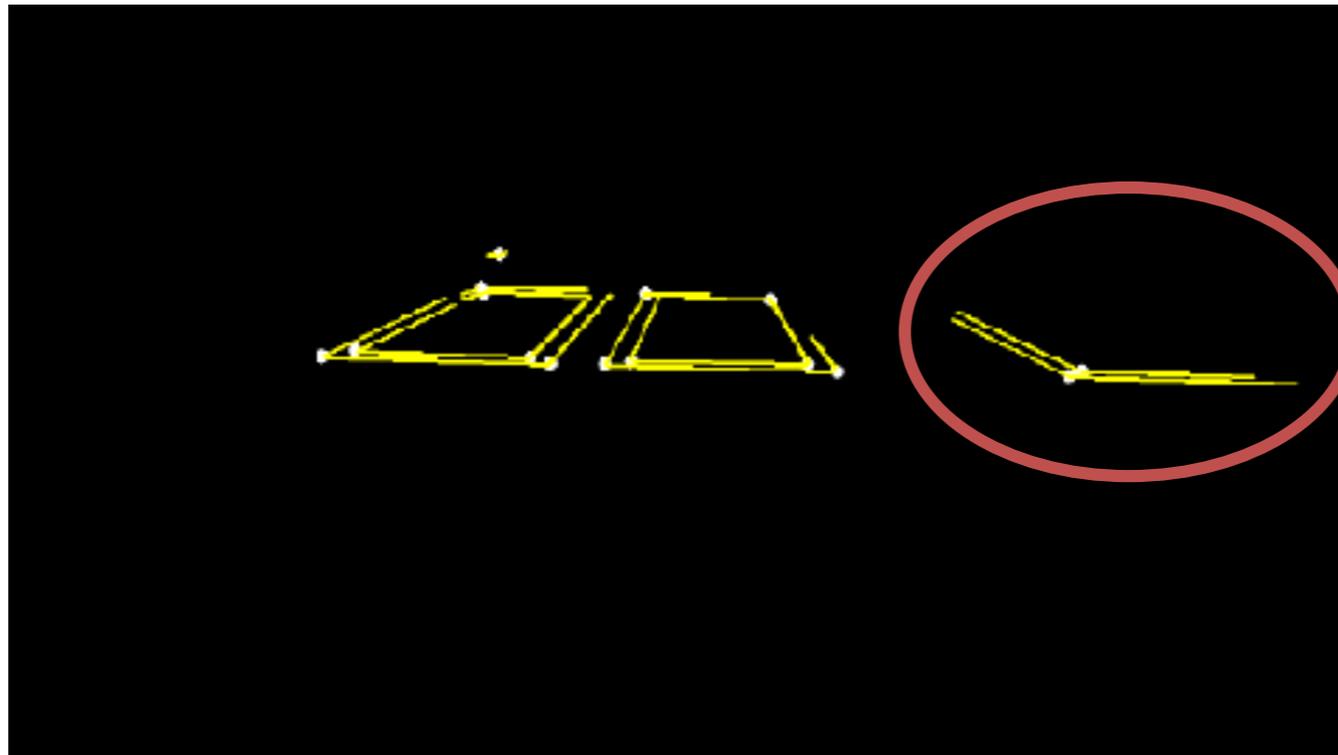
白線検出：④白線の線分



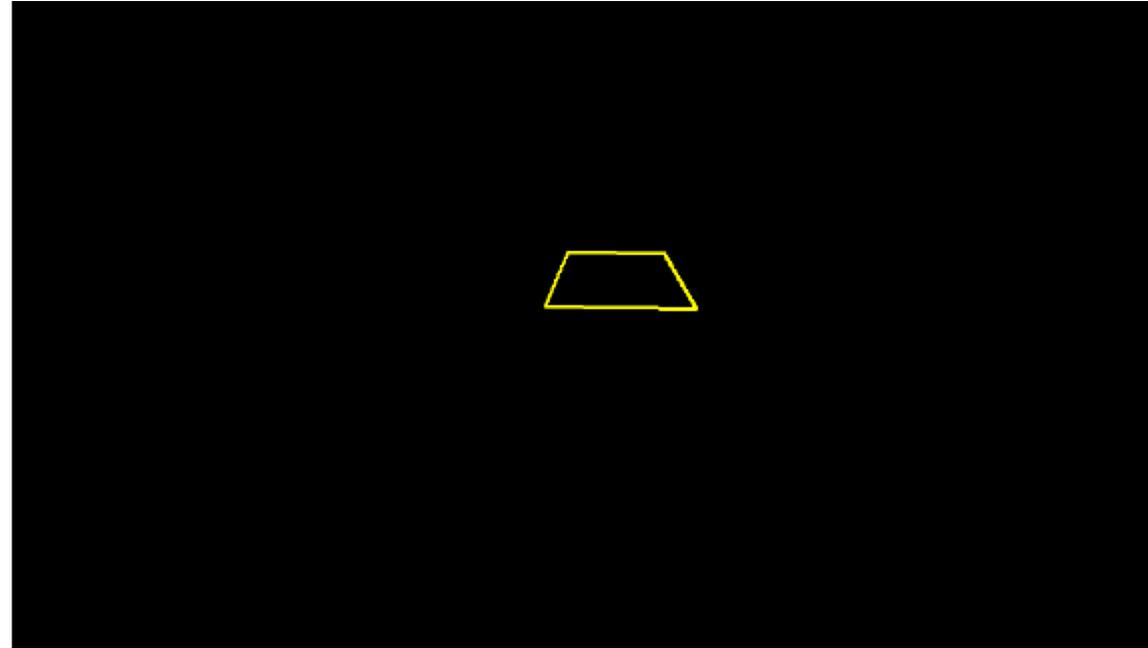
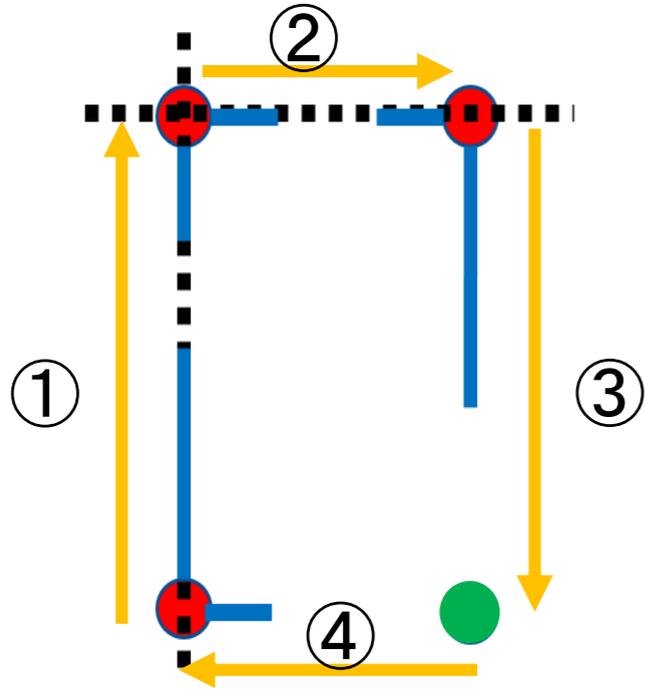
- ② × ③：②の線分端点の周辺が③で抽出した白線画素である
→白線の可能性がある線分を抽出
- 白画素の割合判定：グリッド(5x5 pixels)内で40%以下の
グリッドを除去→細い線を除去

枠線検出：⑤直角に交差する線分

- ④の線分で三次元座標上で直角に交差するものを抽出し、画像上での交点を求める ※交点は白点で表示
 - 直角に交差する線分は枠の角である可能性が高い
 - 右側の駐車枠の枠線が消えている
- ⇒ 検出する駐車枠の個数を減らしたくない 課題！！



枠線検出：⑥枠の角探索



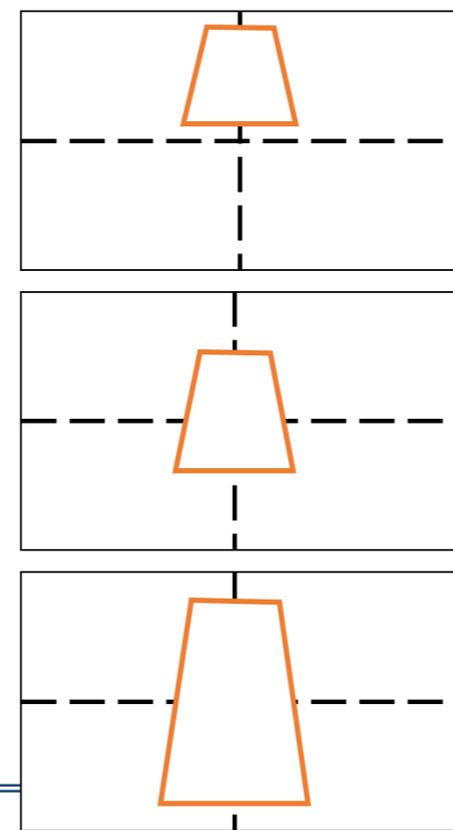
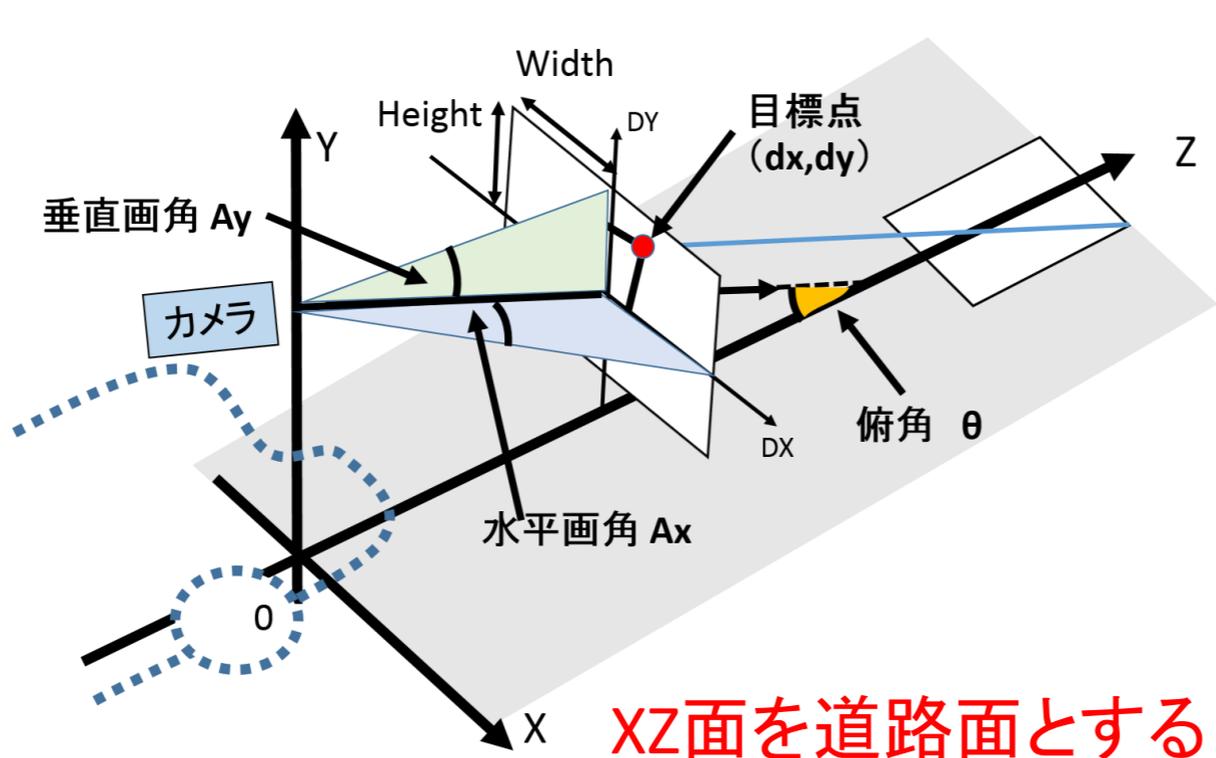
1. ある交点を始点として線分上に存在する交点を探索
 2. 発見した交点を次の出発点とする
 3. 4回目の試行で始点に戻る → 駐車枠の候補発見
- ※3回目の試行で失敗した場合は、始点と最終出発点の線分が交差するかを判定して駐車枠を発見する
- 中心に位置する駐車枠の内側のみ検出されている
- ⇒ **アルゴリズムの見直しが必要**

駐車枠の位置推定方法

カメラのパラメータ

カメラの高さ：H、俯角： θ 、カメラの水平・垂直画角の半分： (Ax, Ay) 、画像サイズの半分： $(Width, Height)$ 、画面座標における目標点座標： (dx, dy)

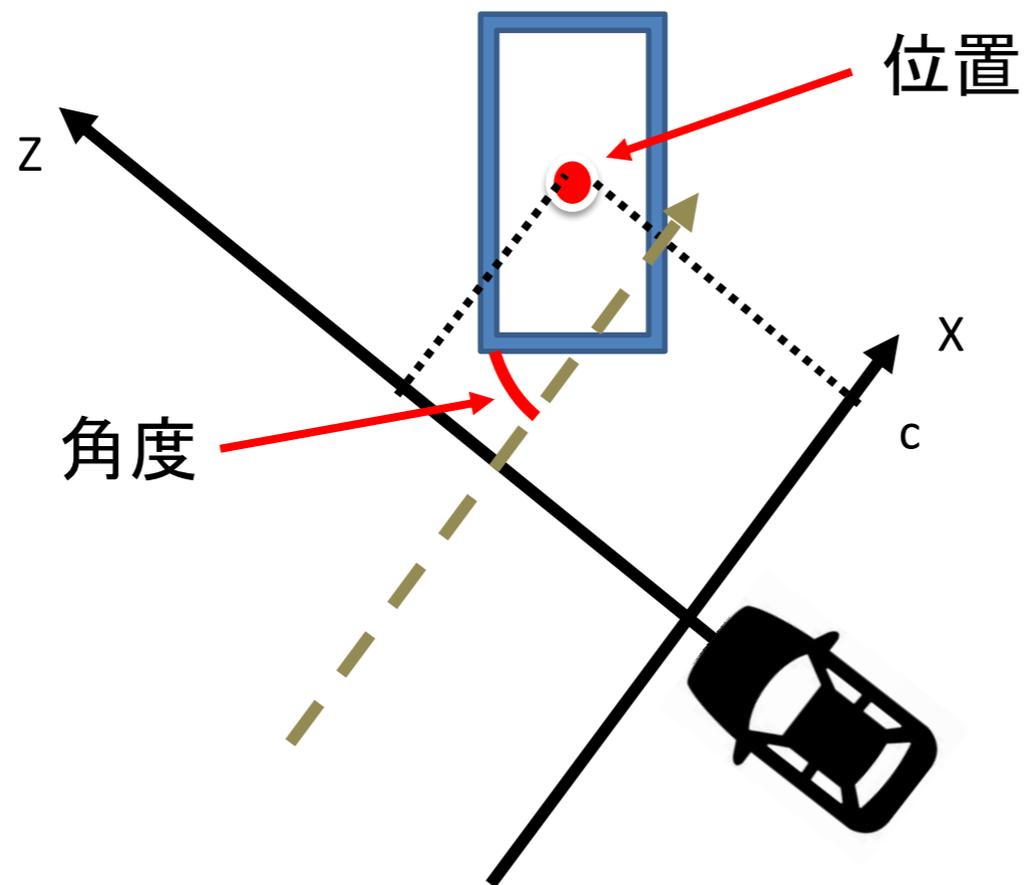
$$X = \frac{H\{\tan(Ax)/Width\}Vx}{-\cos\theta\{\tan(Ay)/(Height)\}Vy + \sin\theta} \quad Z = \frac{H\{\sin\theta\{\tan(Ay)/(Height)\}Vy + \cos\theta\}}{-\cos\theta\{\tan(Ay)/(Height)\}Vy + \sin\theta}$$



駐車枠に近づいたときの画像上の変化

自車両の位置と姿勢推定方法

- 位置推定：枠中心の三次元座標
- 姿勢推定：X軸を平行移動させたときの枠の傾き



駐車枠の距離と大きさ・姿勢推定の精度評価

実験構成

■ カメラのパラメータ

高さ：1.5m

俯角：14度

水平・垂直画角：90×50

解像度：960×540

■ 対象の駐車枠

枠線の大きさ：5×2.5m

線の幅：0.2m

駐車枠の距離と大きさの推定結果

前線までの距離	推定距離	枠線の大きさ
		5×2.5m
3m	3m	4×2m
4m	4.2cm	5×2.4m
5m	5.2m	5.1×2.4m
6m	6m	4×1.8m
7m	6.9m	4×1.8m

- 7m以上離れると枠線を検出不可
- 推定距離の誤差:0.4m以内
- 枠線の大きさ:3m地点では4~5mに比べると誤差が大き
い→枠線の内側を測定しているためである
- 推定誤差の影響:位置推定は枠中央であるため影響は
少ない

姿勢推定結果

前線までの 距離	推定角度		
	0°	30°	60°
3m	0°	25°	56°
5m	0°	27°	59°
7m	0°	23°	51°

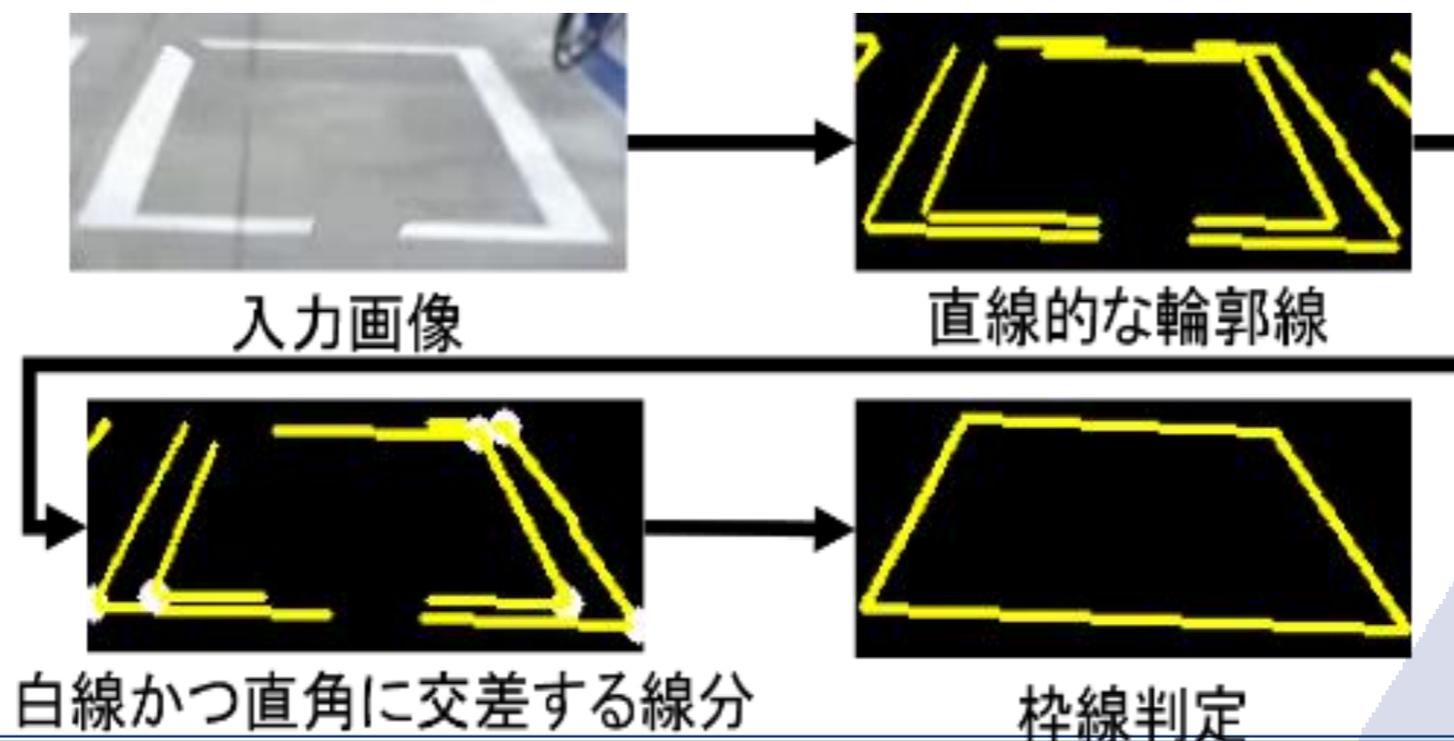
- 0° (正面)から撮影するとカメラのx軸と水平になるため推定誤差が生じない
- 7mで推定誤差が大きくなるのは、位置推定の枠線の大きさの推定誤差が関係
- 推定誤差: 10° 以下

駐車枠の欠損耐性

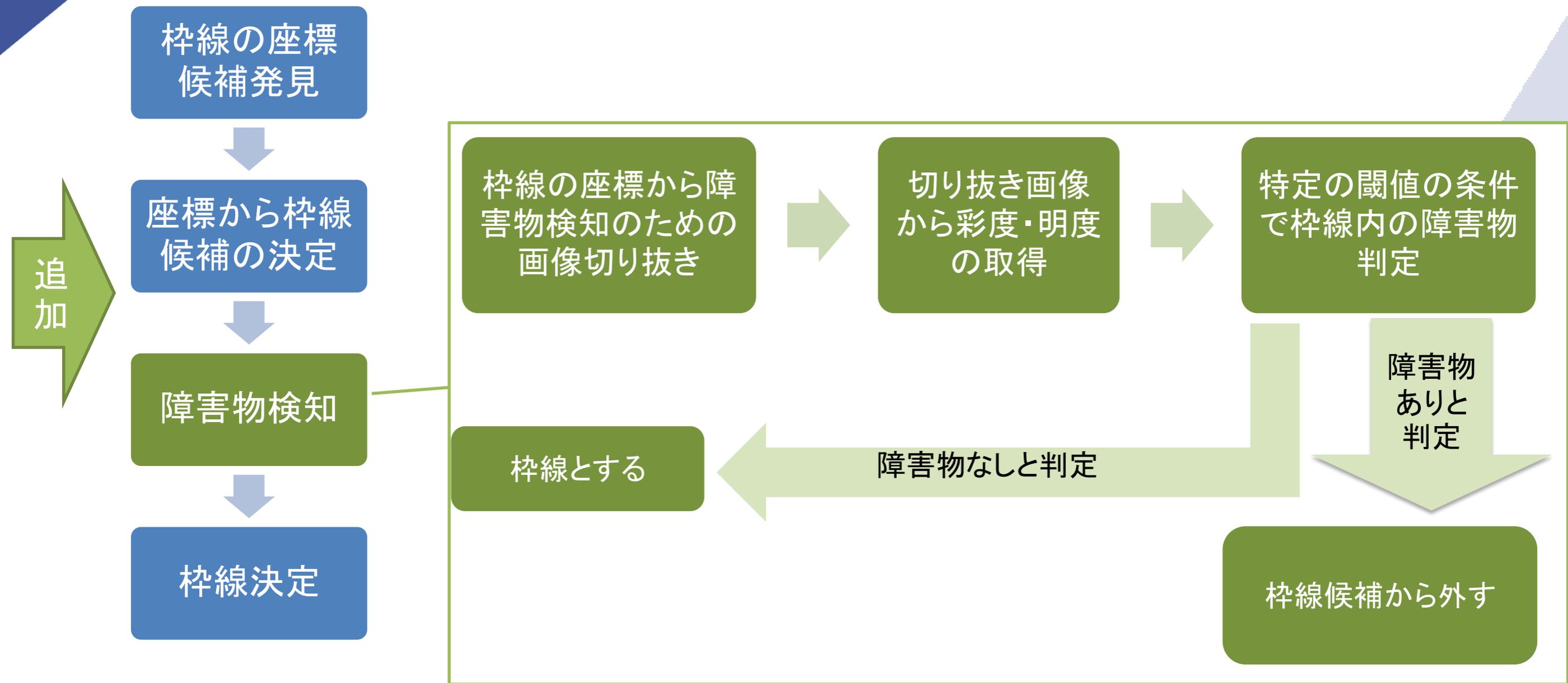
白線が一部欠損していても検出可能

- 枠角が三つ以上
- 線分が途切れている

結果として、**一部欠損があっても検出可能**

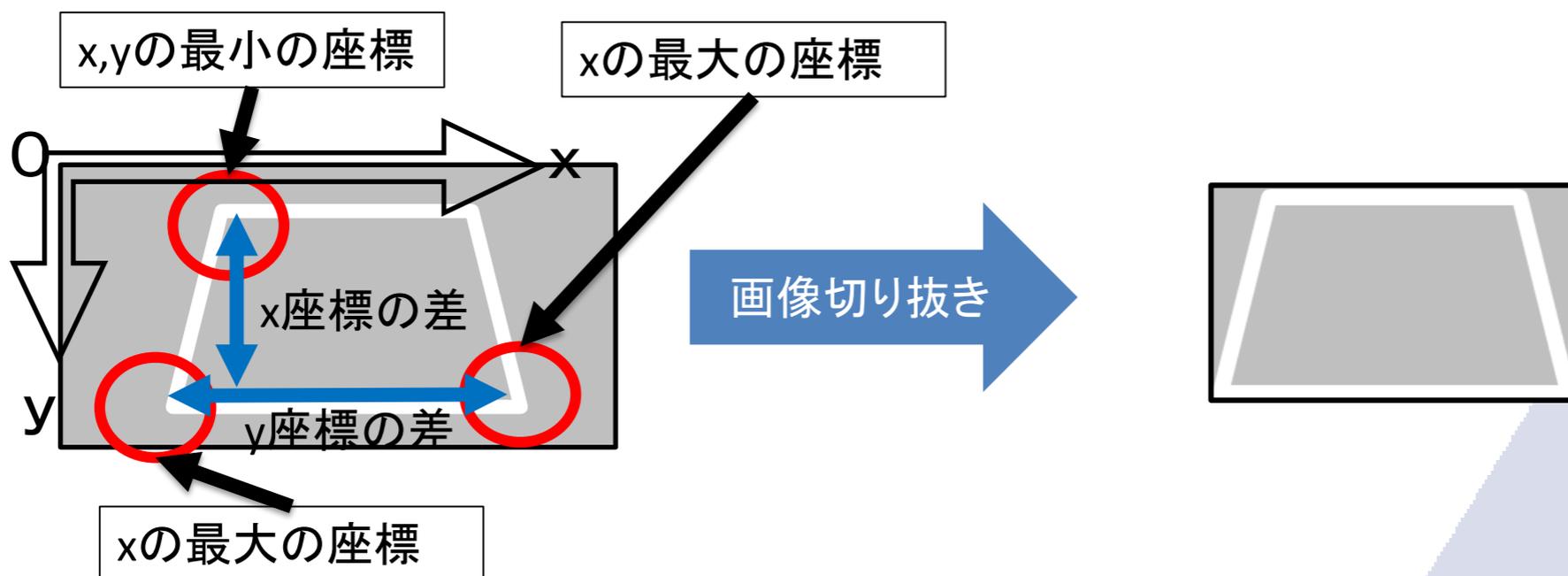
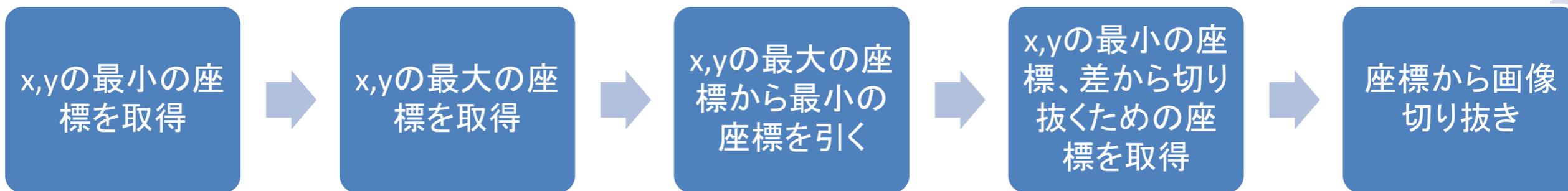


障害物回避アルゴリズムの追加



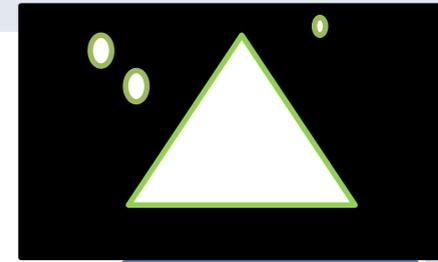
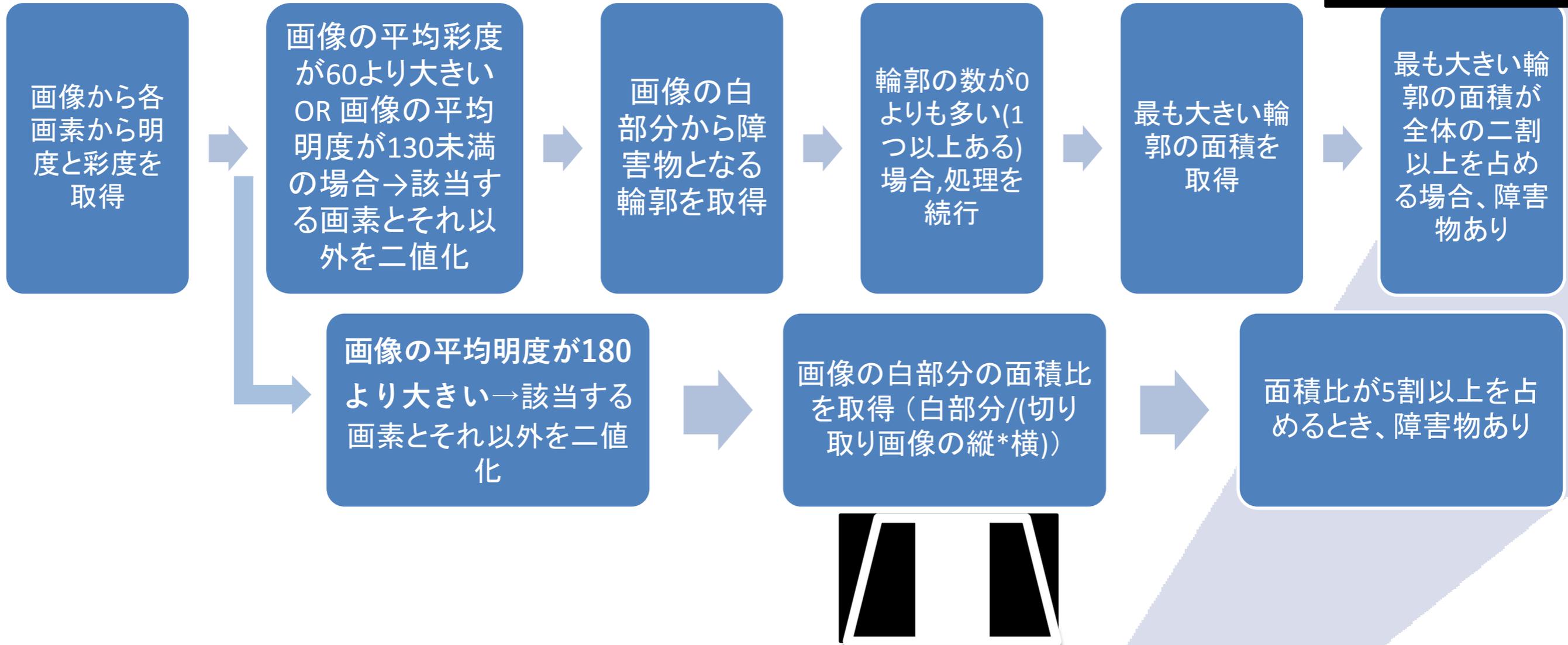
検知のための画像切り抜き

- 障害物の検知
 - 障害物検知のための画像切り抜きの座標取り



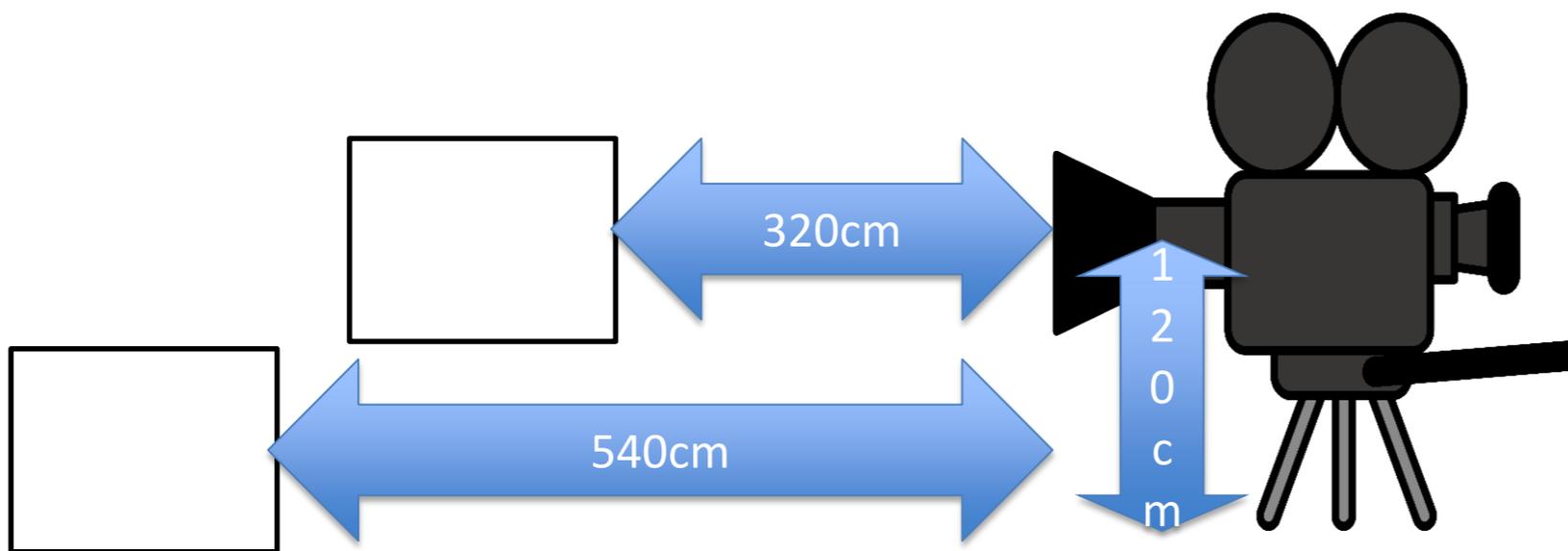
彩度・明度から障害物の検知

- 障害物の検知
 - 障害物検知のための画像の二値化

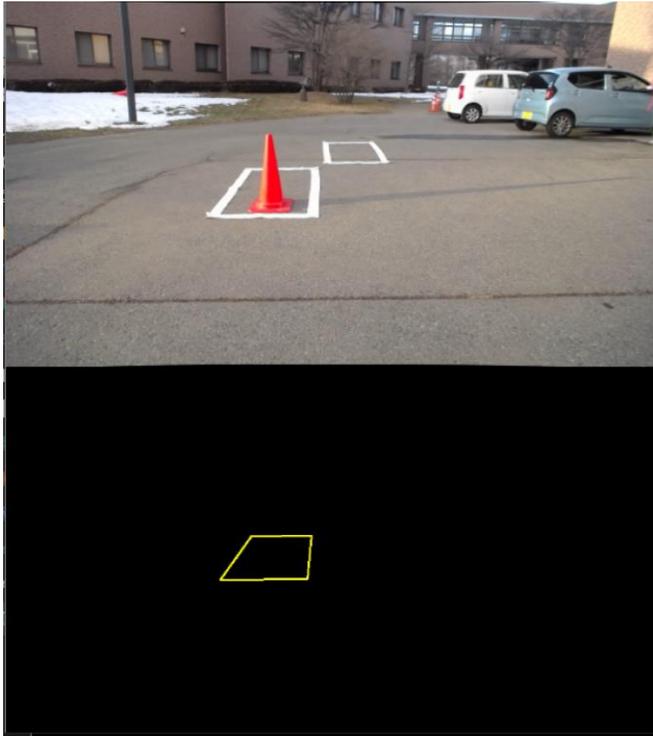


検証実験

- 実際に枠線内に障害物があった場合に
駐車候補からはずれるか
- 枠線を2つ敷き
一つの枠線の中に障害物を設置
 - 障害物はパイロンと自転車
- カメラの高さは120cm
 - 地面からレンズまでの距離
- カメラから枠線までの距離



実験結果



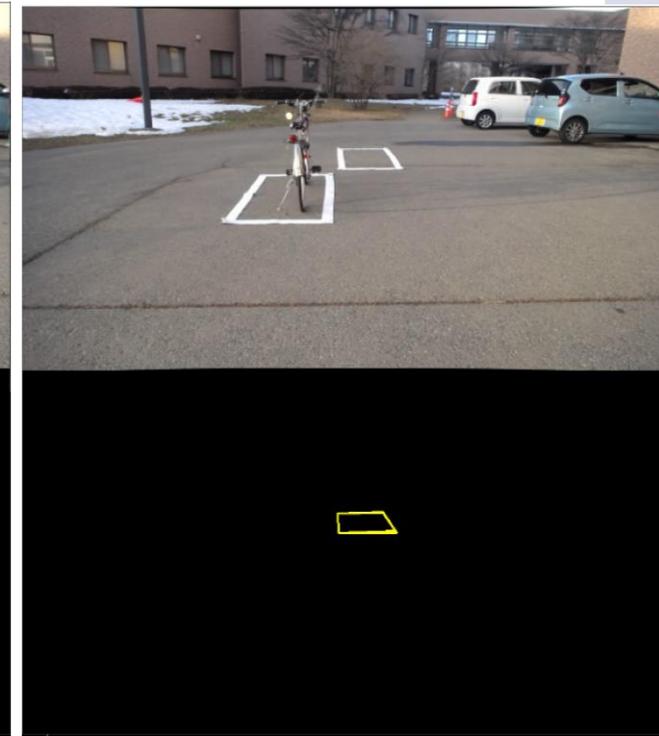
障害物検知なし



障害物検知あり



障害物検知なし



障害物検知あり

まとめ・実用化に向けて

- ガソリンスタンドの駐車枠を単眼カメラで検出可能
- 位置と姿勢推定の精度は、誘導に利用できる範囲である
- 今後、自動運転への導入を目指していきたい

発明の名称	「誘導装置」
発明者	村田嘉利、青柳健太、佐藤永欣、 鈴木彰真
出願人	公立大学法人岩手県立大学
出願番号	特願2019-080564
公開番号	特開2020-175828

- 公立大学法人岩手県立大学
- 研究・地域連携本部 研究・地域連携室

TEL 019-694-3330

FAX 019-694-3331

E-mail re-coop@ml.iwate-pu.ac.jp