

# 機械学習と自動更新テンプレートマッチングを用いた重機の自動カメラ追従システム

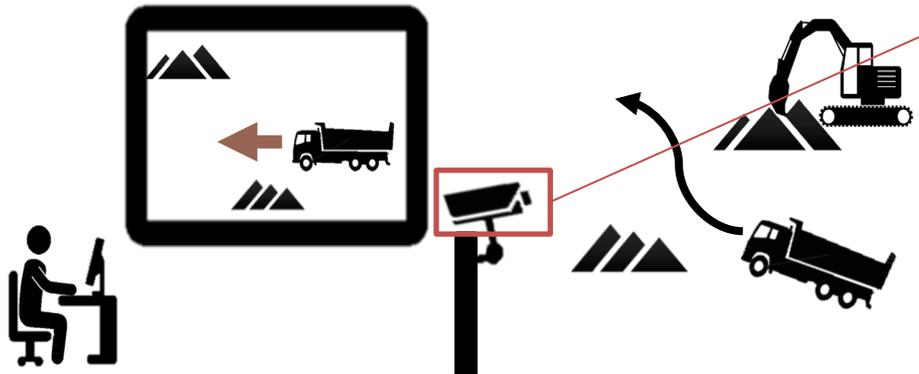
芝浦工業大学 工学部 電気工学科  
教授 吉見 卓

2021年9月7日

# 1. 導入



## 遠隔操作重機導入



## 無人化施工

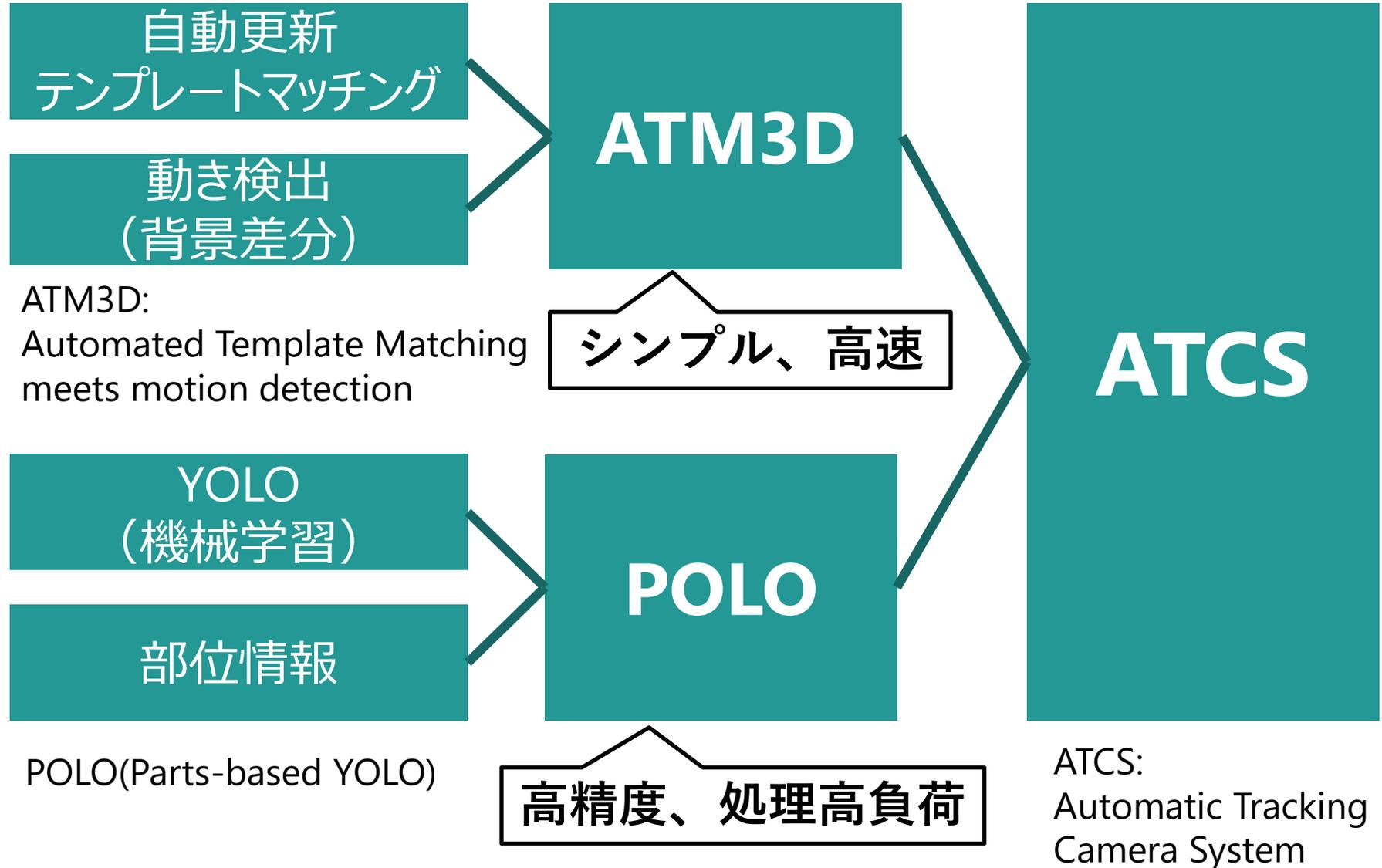
遠隔地から重機を操作  
災害復旧時における  
2次災害を防ぐために有効

## 求められているニーズ

遠隔操作型重機を  
追従するカメラの自動化

## 画像処理

# 2. ATCS



# 2.1 ATCS～システム構成～

## GPU server

**GPU** installed  
PC for **POLO**

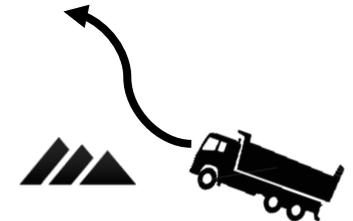
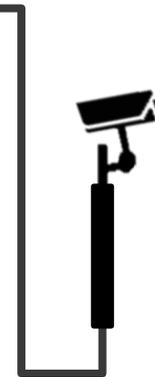


← The image send

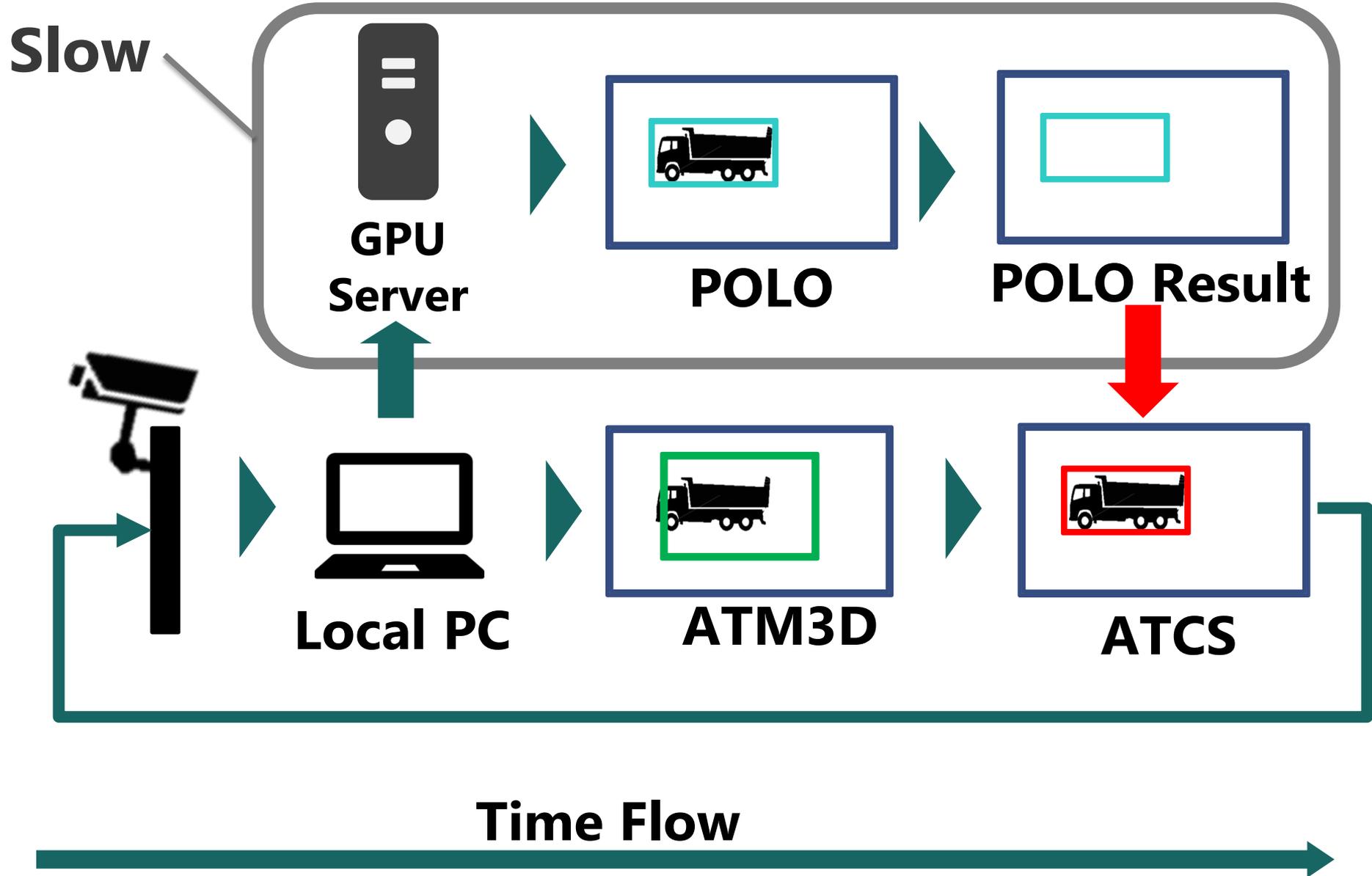
→ The position of  
the detection

## Construction site

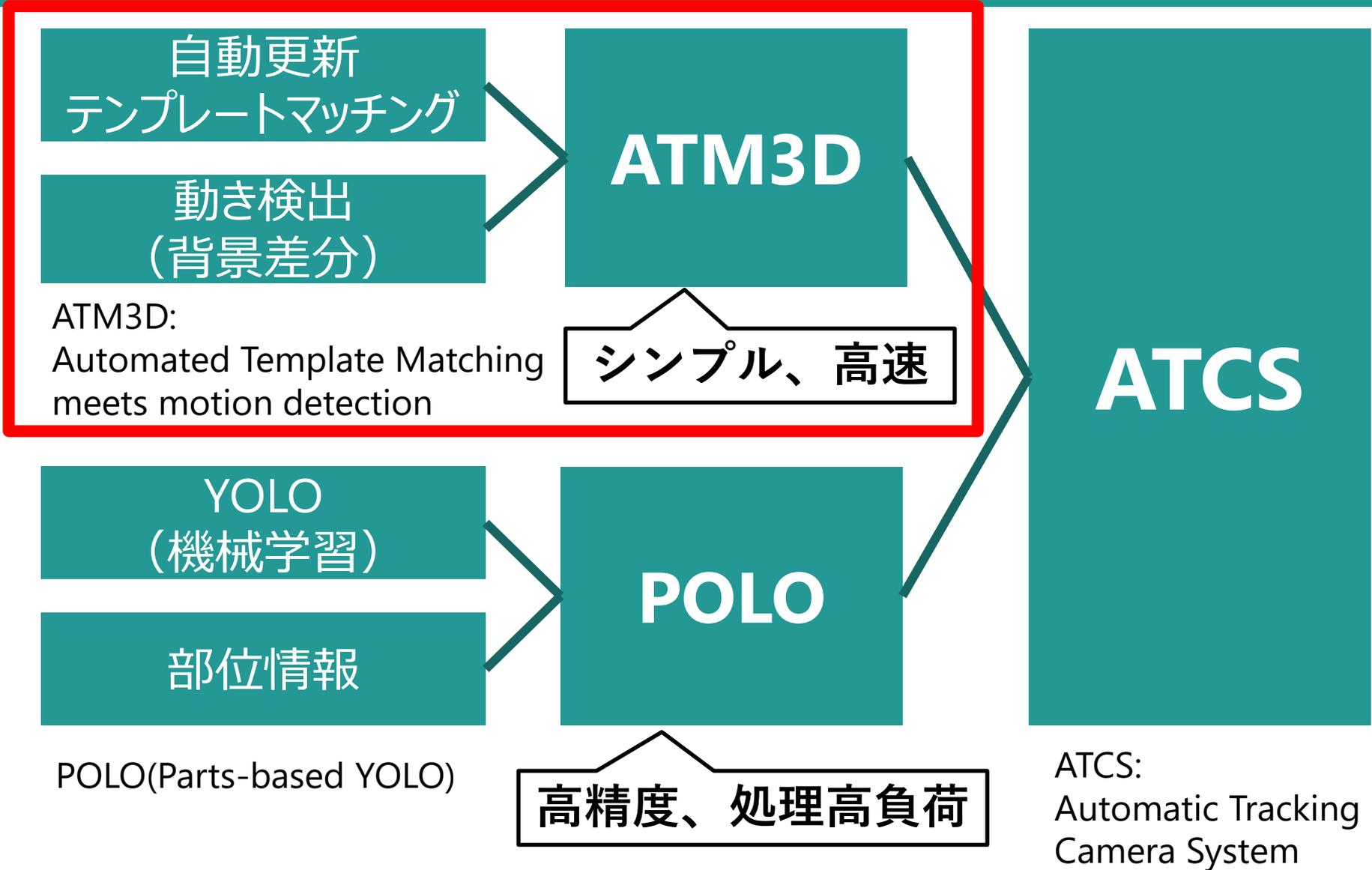
PC for **control camera** and **ATM3D**



# ATCS～処理手順～



# 2.2 ATM3D



## 原理



テンプレート

類似度が高い場所を走査

フレーム毎に  
テンプレートを自動更新

## メリット

- 色追従に比べ  
屋外の追従に適している
- カメラの動きに強い

## デメリット

- 重機の旋回に弱い
- 重機の距離変化に弱い  
(テンプレート画像の変化が激しいため)
- 検出サイズが一定



# 動き検出（背景差分）の原理



前後のフレームで差分取得



過去数フレームの結果を加算



ラベリング

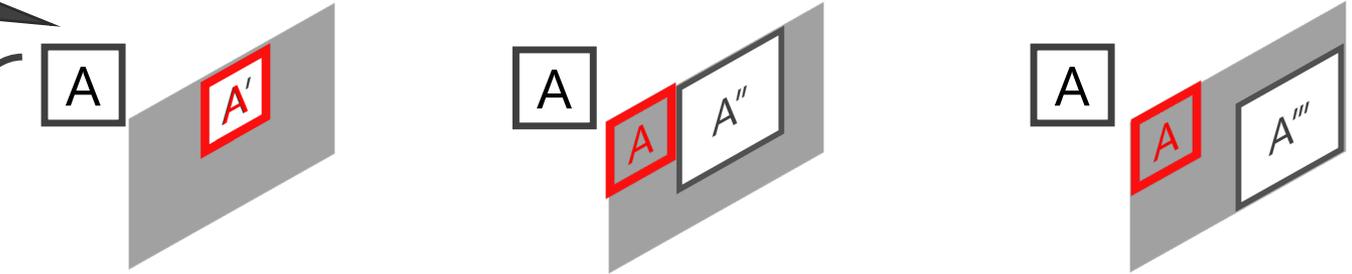


膨張処理

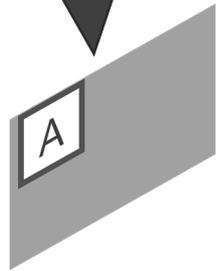
# ATM3Dの検出処理

## Template matching

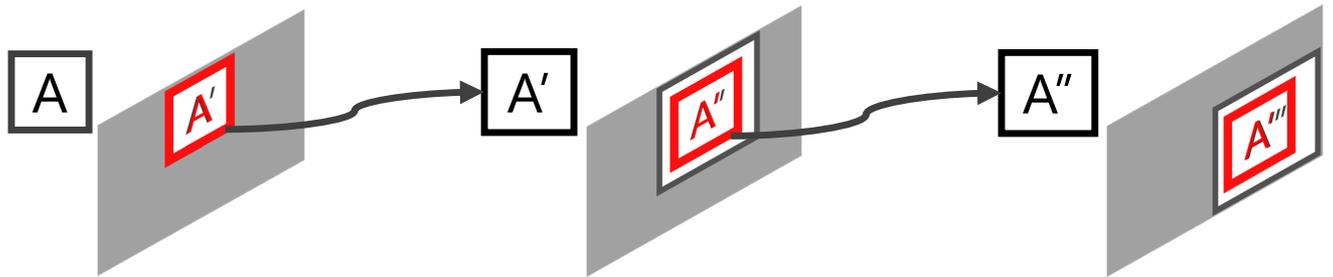
Template image



Camera image

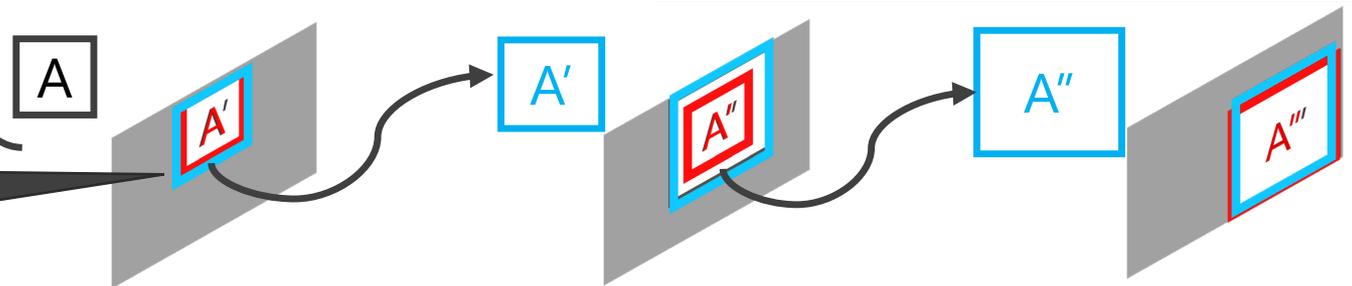


## Auto update template matching



## Add motion detection

Motion detection result



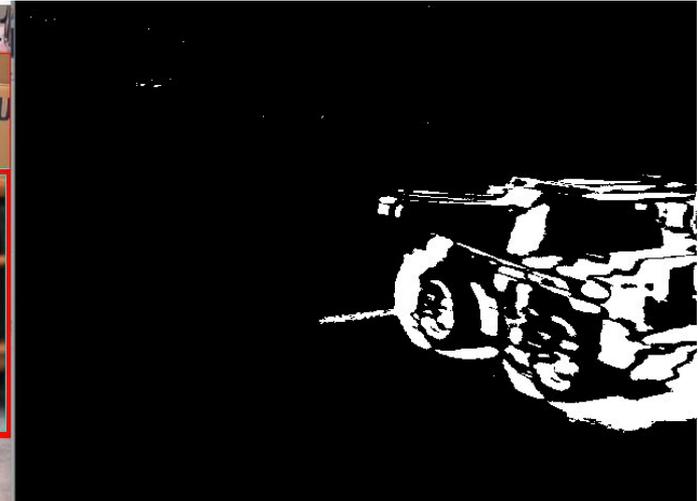
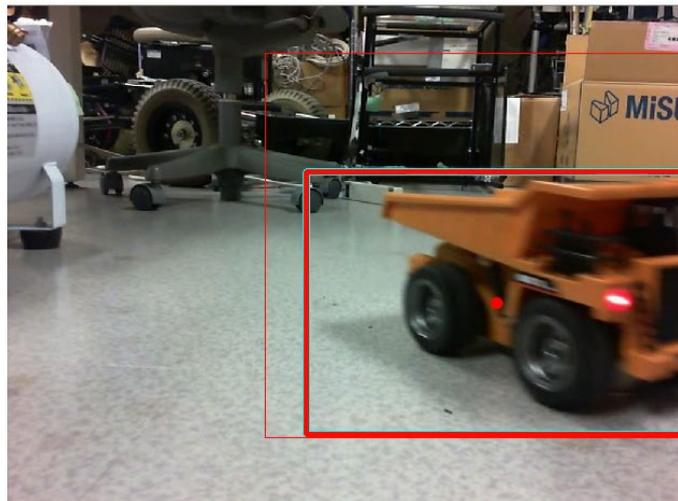
# ATM3Dの効果

10

テンプレートサイズ  
が可変



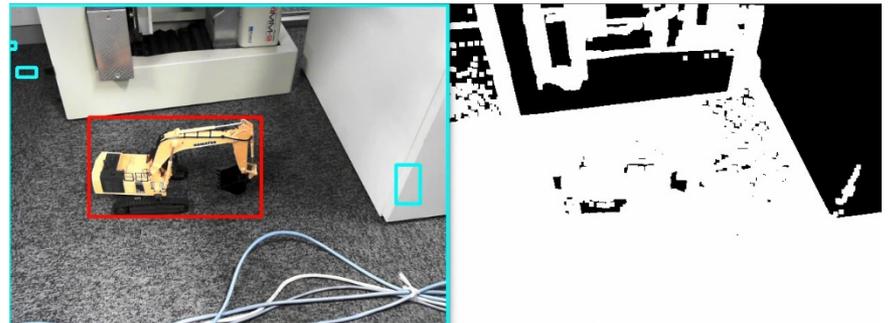
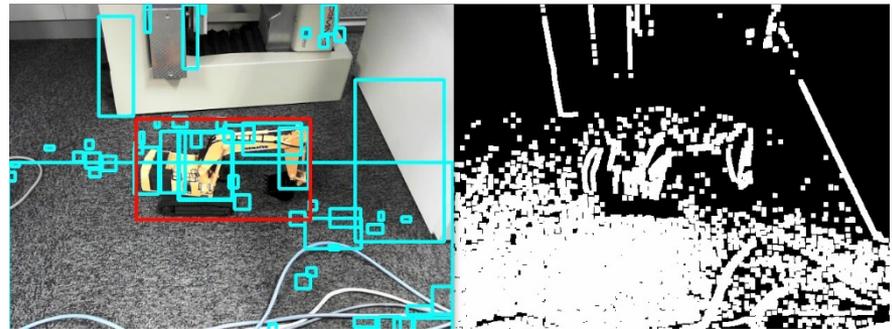
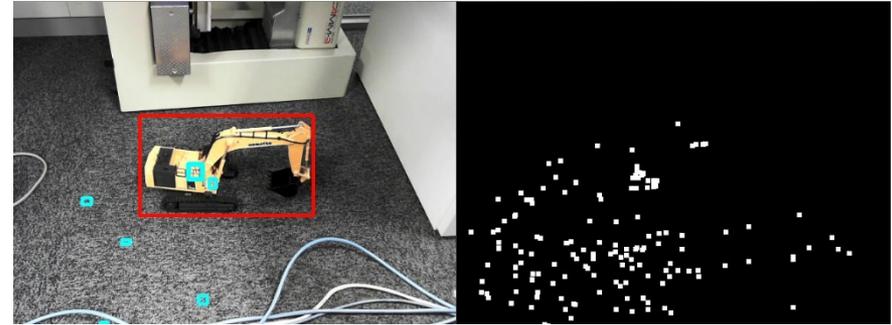
見えている面が  
変化しても  
追従可能



## カメラが動く

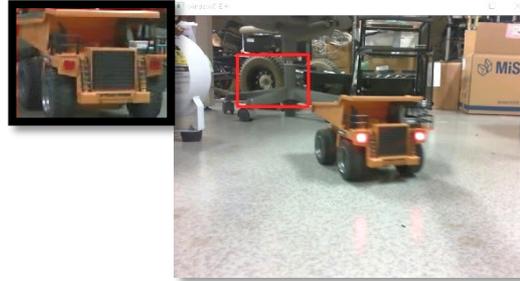
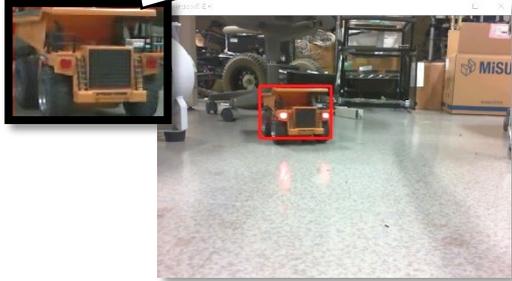
- 背景がうごいてることになる
- 不適切な検出結果は無視する  
(差分結果を無視)
- テンプレートマッチング結果を採用

▶ 画面が動いても正常に動作



# ATM3Dの実験結果

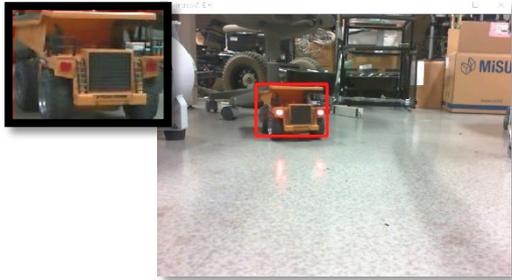
Template image



Template matching

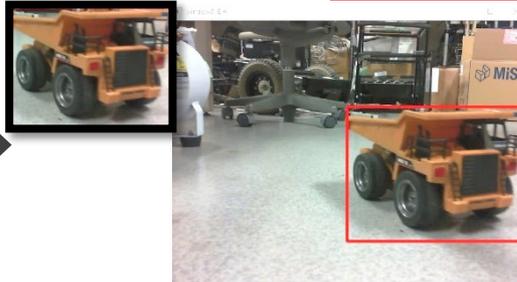
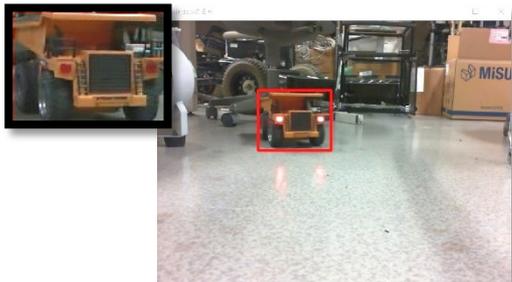


Auto update template matching



Motion detection

ATM3D



# ATM3Dの実験結果



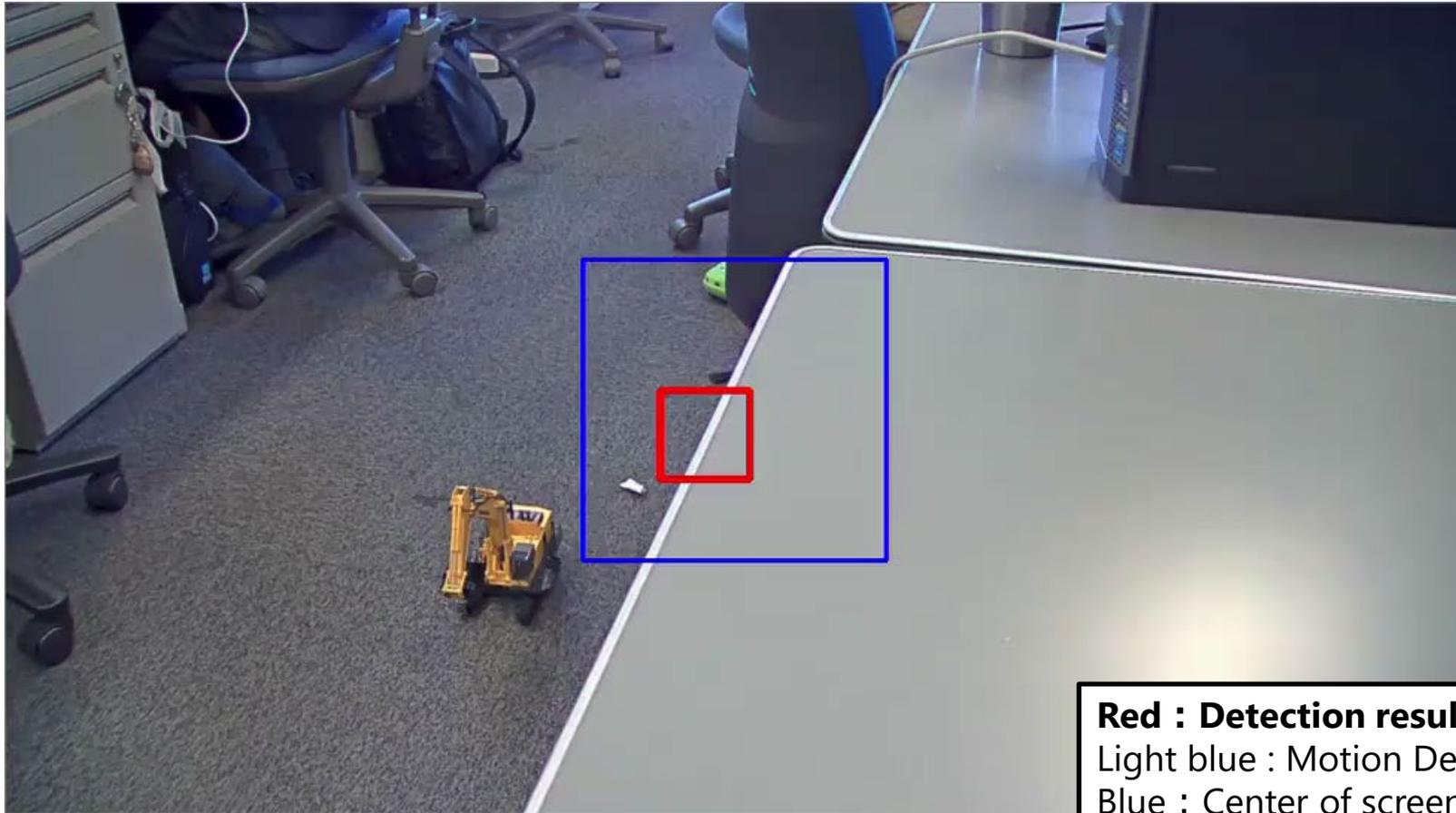
監視カメラ

ダンプラジコン

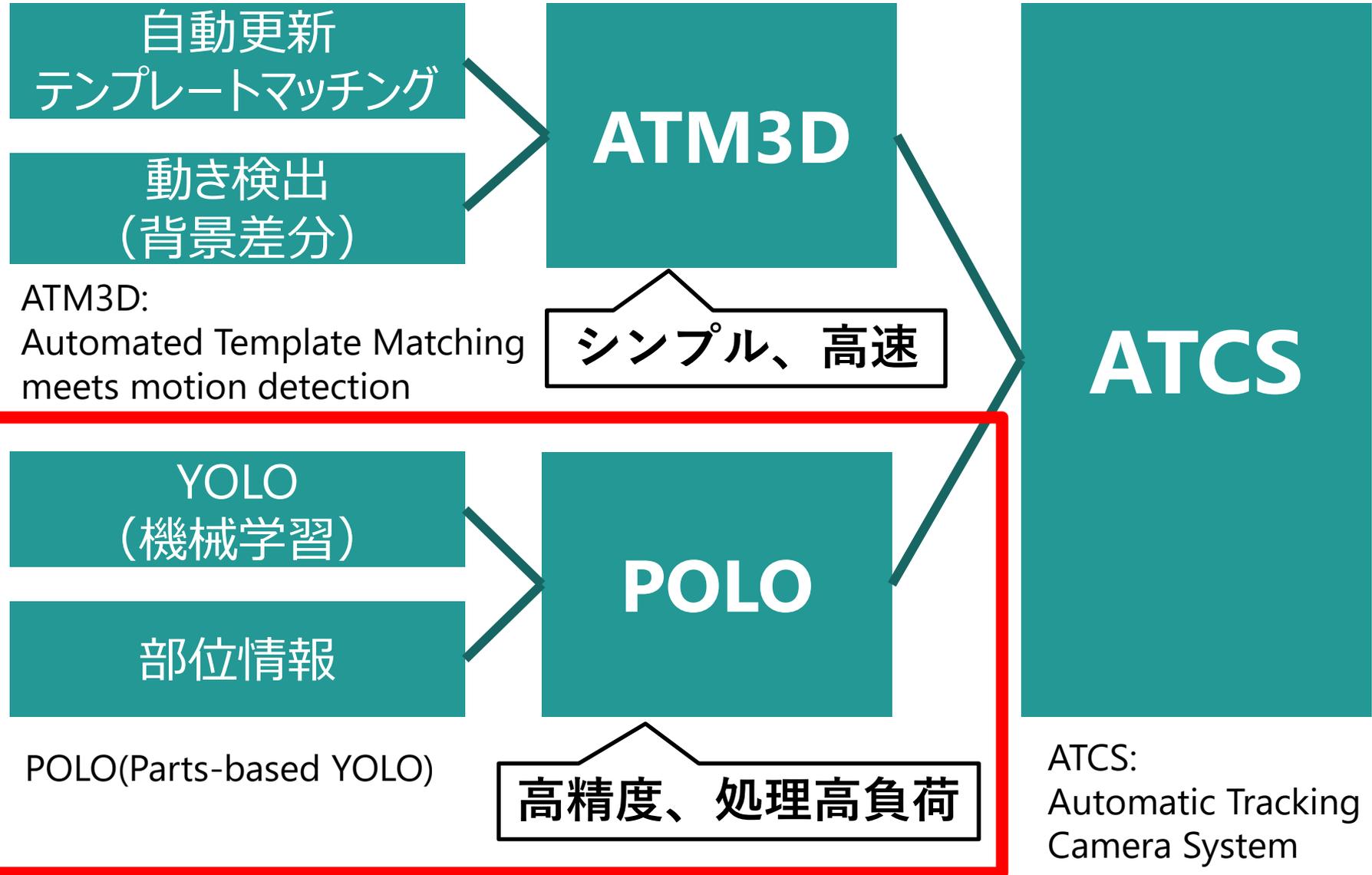
# ATM3Dの実験結果

14

## 室内環境でのATM3D実験



# 2.3 POLO



ATM3D:  
Automated Template Matching  
meets motion detection

YOLO  
(機械学習)

部位情報

POLO(Parts-based YOLO)

# POLO (機械学習)

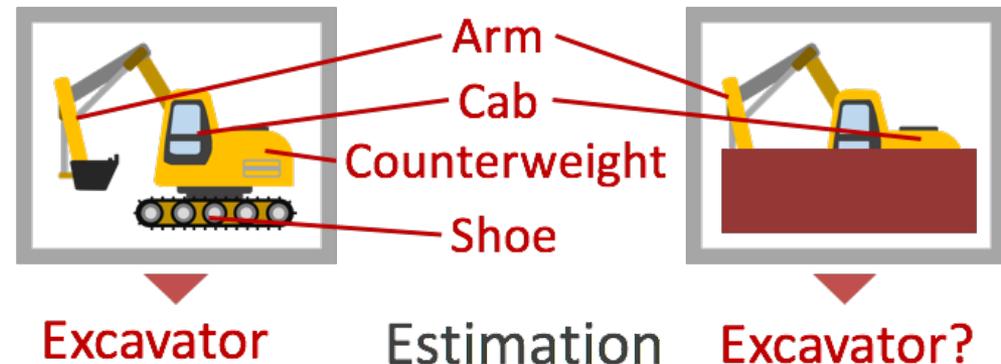
## 目的

YOLOをベースに、  
オクルージョンに強い、  
ロバストな重機検出を  
実現。



## アイデア

対象物の各部位を  
検出し、それらの  
組み合わせから  
全体の形状を推定



# POLO (機械学習)

## Data Set



## Result

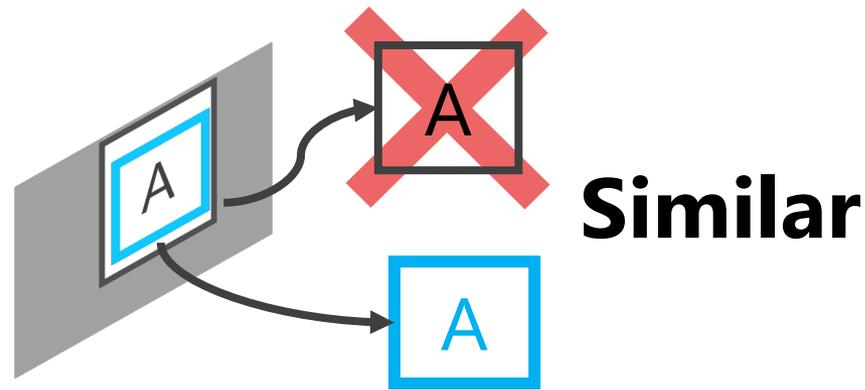


YOLOv2

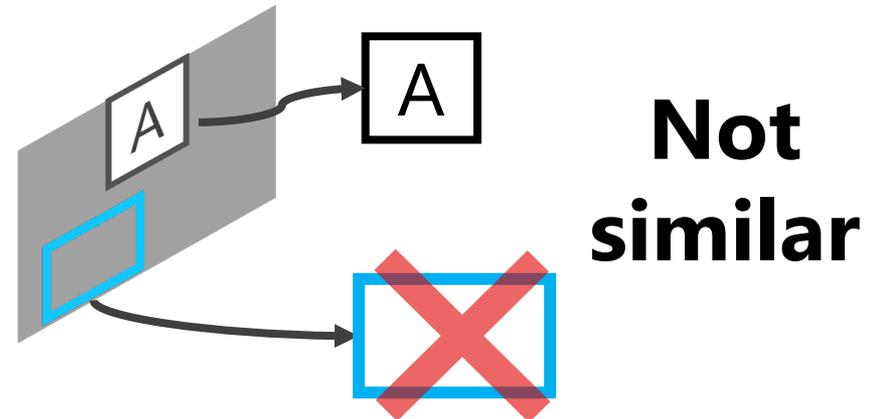


**POLO**

# 2.4 ATCS～統合方法～



**POLO success**



**POLO failed**

$$\text{IoU} = \frac{\text{Intersection}}{\text{Union}}$$

# 3. 実機実験

## クローラードンプでの追従実験



実験場所：熊谷組筑波技術研究所

# 実験～ATM3D・POLO比較～



赤 : 正解  
青 : POLO  
緑 : ATM3D

# 実験～既存手法と比較～

21

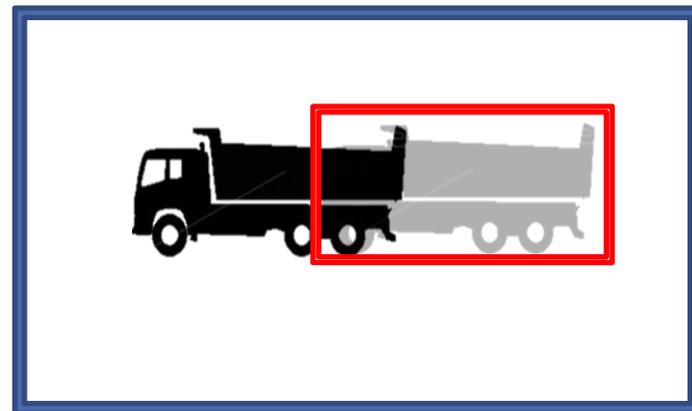
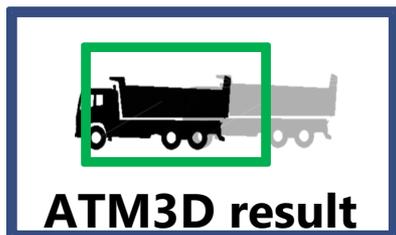
15フレーム毎



- 赤 : 正解
- 黄 : ATCS (提案手法)
- 水 : MedianFlow
- 青 : KCF
- 緑 : MIL
- 白 : Boosting

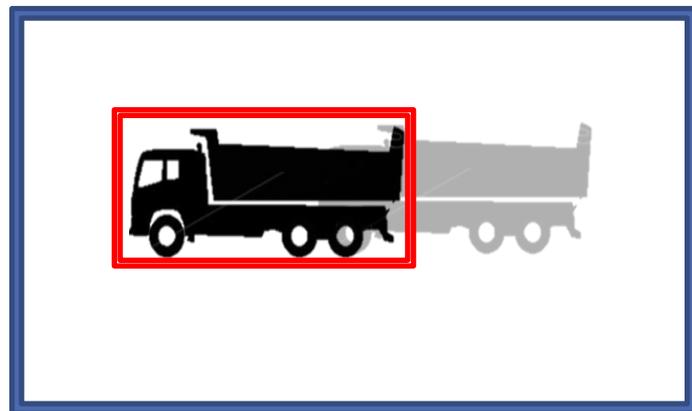
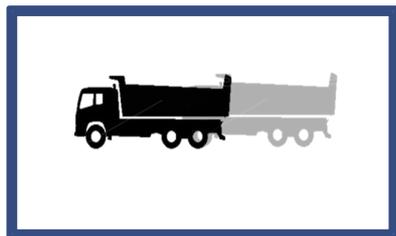
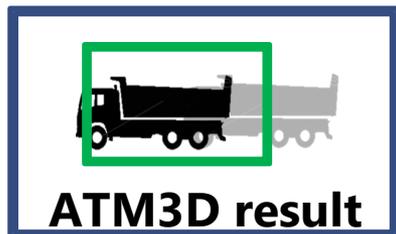
# 4. 改良～問題点と解決手法～

Before



ATCS result

After



ATCS+ result

# 改良～結果「ATCS+」～



黄 : ATCS+  
青 : ATCS

# 5. 評価

	The trackable time ratio [%]	The detection ratio [%]
KCF	35.65	7.86
MEDIANFLOW	37.22	10.38
MIL	56.78	9.43
Boosting	100	23.27
ATCS	100	77.67
ATCS+	100	82.70

**提案手法：ロバストで追従性能が高い**

## 6. まとめ

- 重機のカメラ追従自動化
- 提案手法：ATM3D+POLO = ATCS
  - テンプレートマッチング
  - 動き検出
- 屋内 & 実機実験
- ATCSの時間遅れ改良 ▶ ATCS+
- 他の手法に比べ追従性能高い

機械学習

# 想定される用途

- 本技術は、建機の自動カメラ追従に限らず、移動物体の自動カメラ追従、監視に有用な技術である。

# 実用化に向けた課題と企業への期待

- 技術の基本的な枠組みは完成している。今後、様々な環境下での性能確保、カメラオペレータの操作により近い動作の実現等に向け、実用化を目指した活動を進めていきたい。

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：車両認識システム及び  
車両認識方法
- 出願番号：特願2018-136953
- 出願人：芝浦工業大学
- 発明者：吉見 卓

本発明は、2017年度JCMA（日本建設機械施工協会）の助成を受けて、芝浦工業大学で実施した研究開発の成果である。

# お問い合わせ先

芝浦工業大学

研究推進室 研究企画課

T E L 03-5859-7180

F A X 03-5859-7181

e-mail [sangaku@ow.shibaura-it.ac.jp](mailto:sangaku@ow.shibaura-it.ac.jp)