



公益財団法人 鉄道総合技術研究所

2023年度 運輸・営業分野Webセミナー

# 車両側面カメラを用いた 安全確認支援装置

情報通信技術研究部 画像解析研究室

研究員 合田 航

# 目次

---

- 研究背景と目的
- アルゴリズムの開発
  - ✓安全確認支援手法
  - ✓乗降人数カウント手法
- 安全確認支援装置の開発
- 装置の性能評価
- まとめと成果の活用
- ご質問に対する回答

# 目次

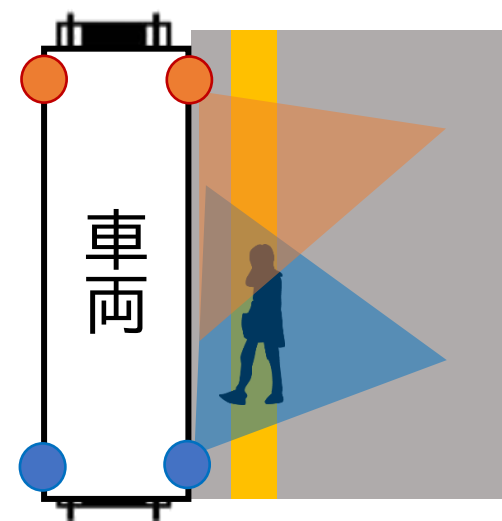
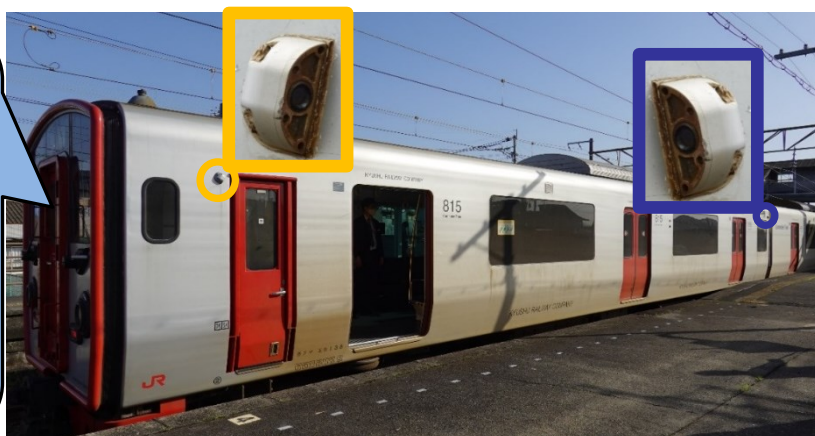
---

- 研究背景と目的
- アルゴリズムの開発
  - ✓安全確認支援手法
  - ✓乗降人数カウント手法
- 安全確認支援装置の開発
- 装置の性能評価
- まとめと成果の活用
- ご質問に対する回答

# 研究背景と目的

**背景** ワンマン運転区間で車両側面カメラを搭載した車両の導入が進んでいる

## 車両側面カメラの現状



導入(予定も含む)事業者の例  
【JR】 JR東日本・JR東海・JR西日本・JR九州  
【民鉄】 東武・南海

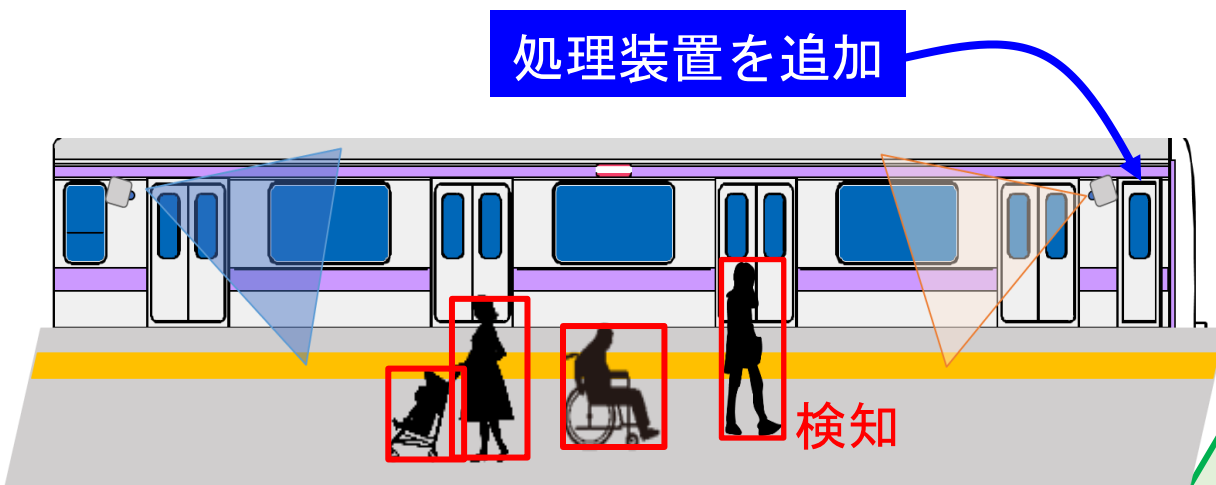
- ✓ 1両に4台(片側2台)
- ✓ 車両のドア高さ程度に設置
- ✓ プラットホームを確認できる角度

ワンマン運転におけるホーム上の安全確認のために設置

# 研究背景と目的

**目的** 車両側面カメラによる安全確認・乗降人数カウント機能を備えた装置の開発

## システムの概要



カメラから旅客をリアルタイム検知  
→運転士の安全確認等を支援

## 安全確認支援

運転台

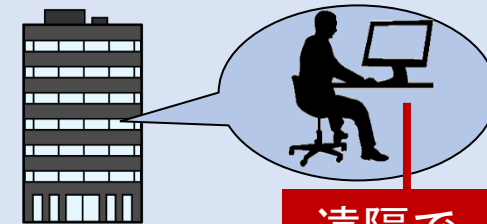


運転台の表示器等で  
接近状態を運転士へ通知

## 乗降人数カウント

本社など

遠隔地



遠隔で  
アクセス

現地の車両



通信によりcsv等で  
乗降人数を確認可能

# 目次

---

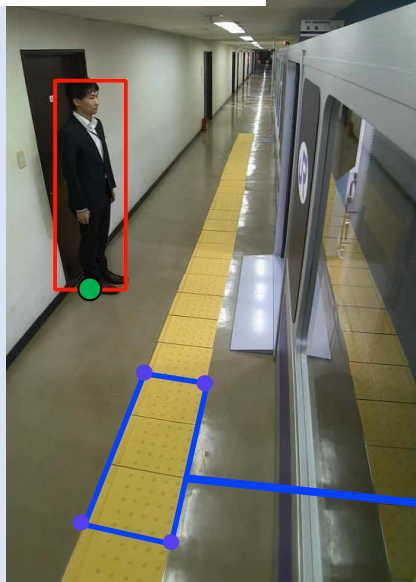
- 研究背景と目的
- アルゴリズムの開発
  - ✓ 安全確認支援手法
  - ✓ 乗降人数カウント手法
- 安全確認支援装置の開発
- 装置の性能評価
- まとめと成果の活用
- ご質問に対する回答

# 安全確認支援手法

## 安全確認支援手法のフロー

### ①旅客検知

カメラ座標

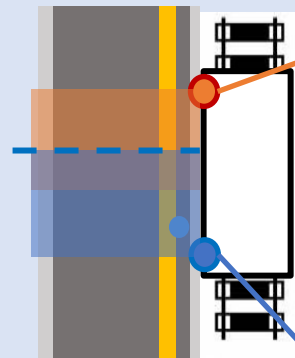


### ②ホーム俯瞰 座標に変換 実距離座標

実距離座標



### ③複数カメラ連携処理



カメラ2台で  
車両長 約20m  
の側面をカバー



### ④接近情報を通知

運転台



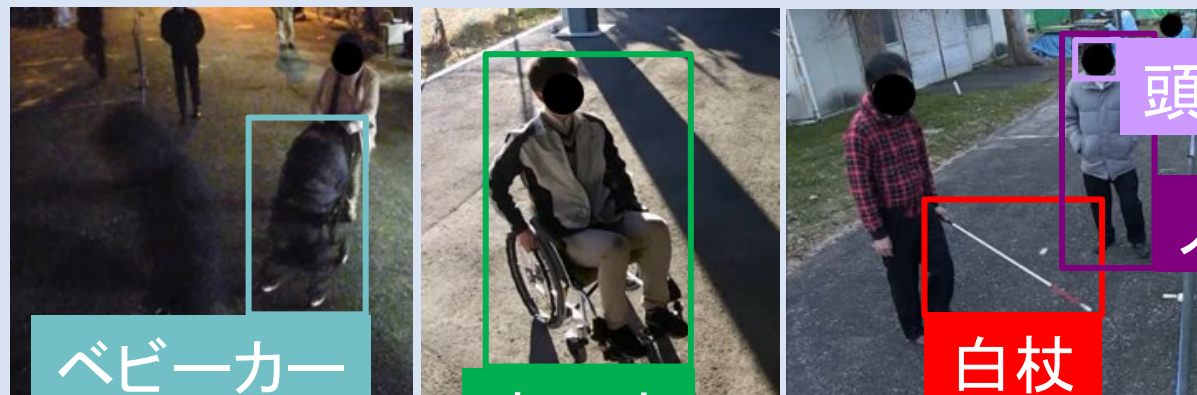
接近時の表示例

点字ブロックやARマーカ―  
\* 車両センター等で一度だけ設定

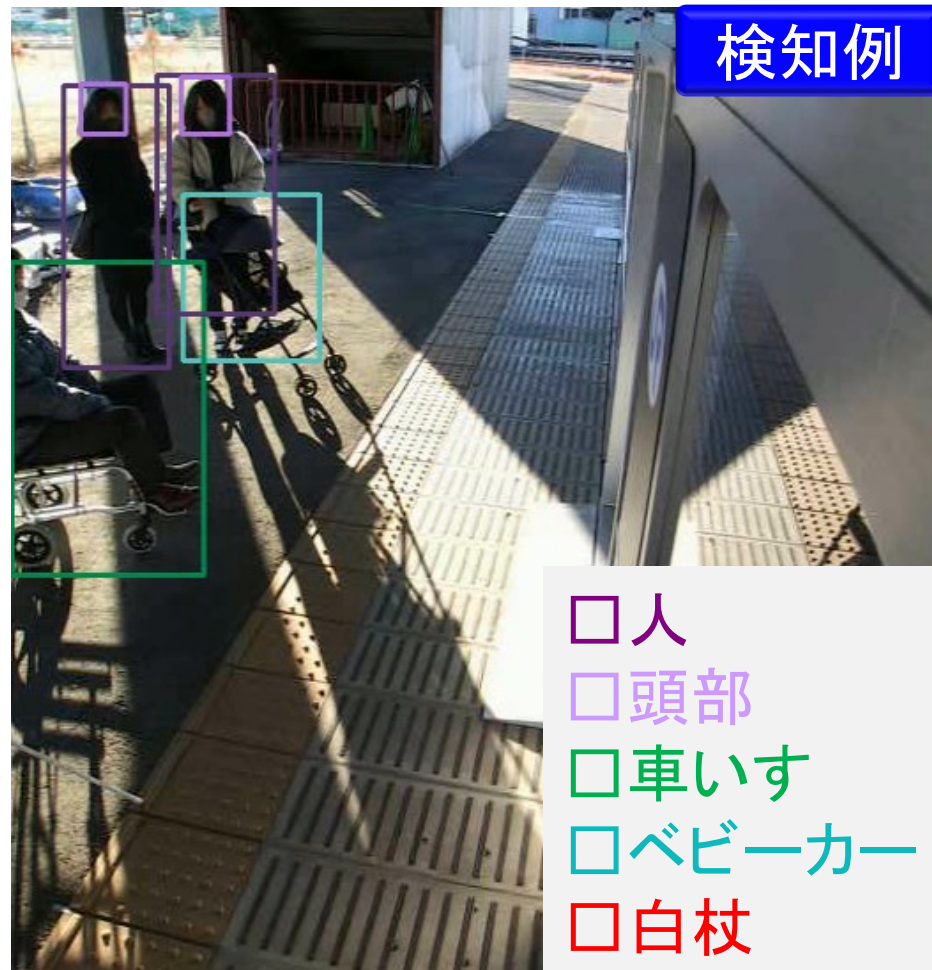
# 安全確認支援手法

## 旅客検知

- ✓ AIによって旅客を検知
- ✓ AIの学習用に独自データを作成



独自データセット36,000枚



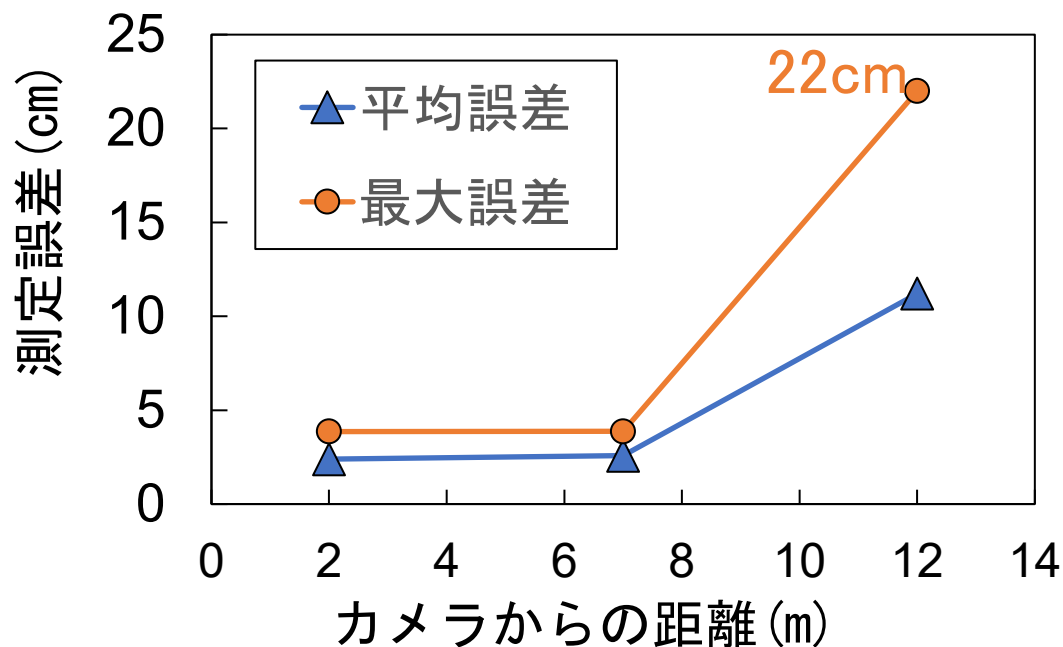
独自のデータセット(36,000枚)を含むデータセットで、旅客検知AIモデルを開発



# 安全確認支援手法

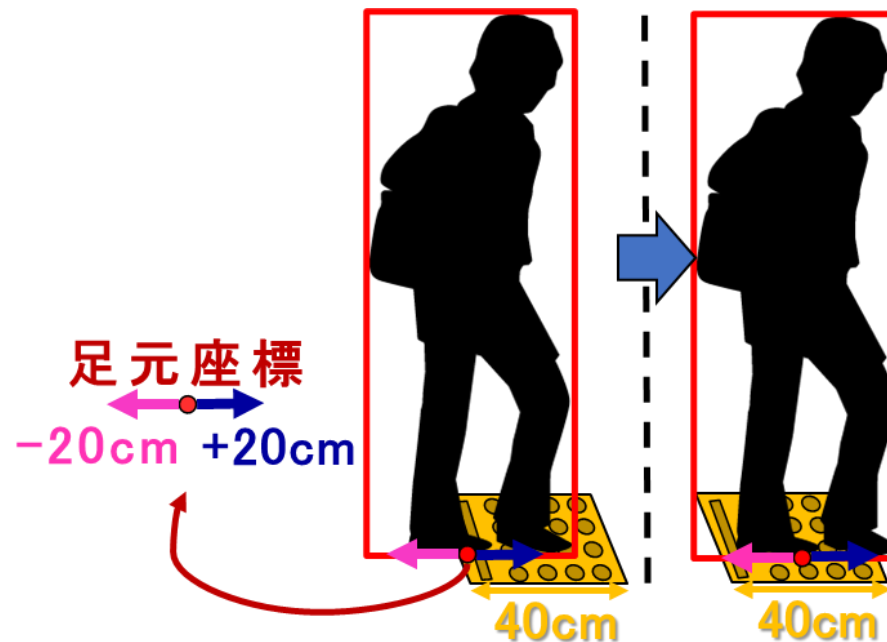
## 座標変換

### 精度評価試験



接近距離の推定精度は20cm程度

### 精度の安全性



点字ブロックの半分まで進入した時点で検知

車両に接触する前に検知可能な精度であることを確認

# 目次

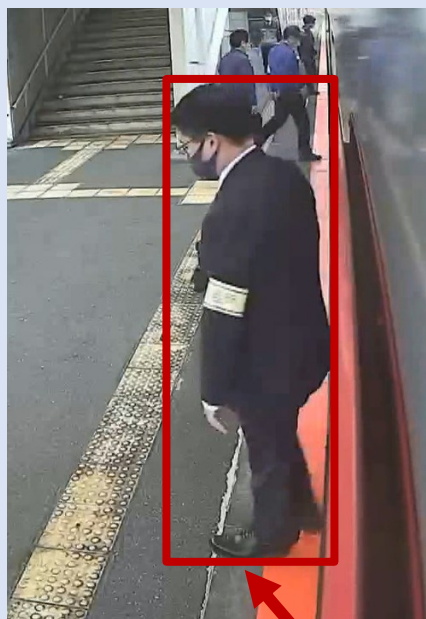
---

- 研究背景と目的
- アルゴリズムの開発
  - ✓安全確認支援手法
  - ✓乗降人数カウント手法
- 安全確認支援装置の開発
- 装置の性能評価
- まとめと成果の活用
- ご質問に対する回答

# 乗降人数カウント手法

## 乗降人数カウント手法のフロー

### ①旅客検知



### ②追跡処理



旅客の移動を追跡

### ③扉ごとのカウント



緑線の横断判定

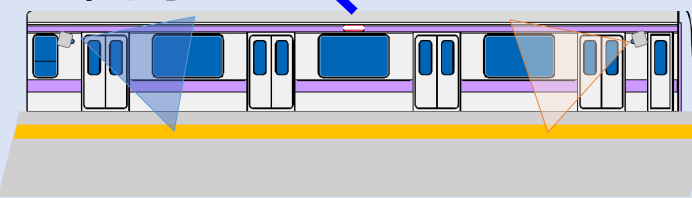
### ④カウント情報を伝送

本社など



カウント  
情報伝送

車両



# 乗降人数カウント手法

## 追跡処理

現在フレーム



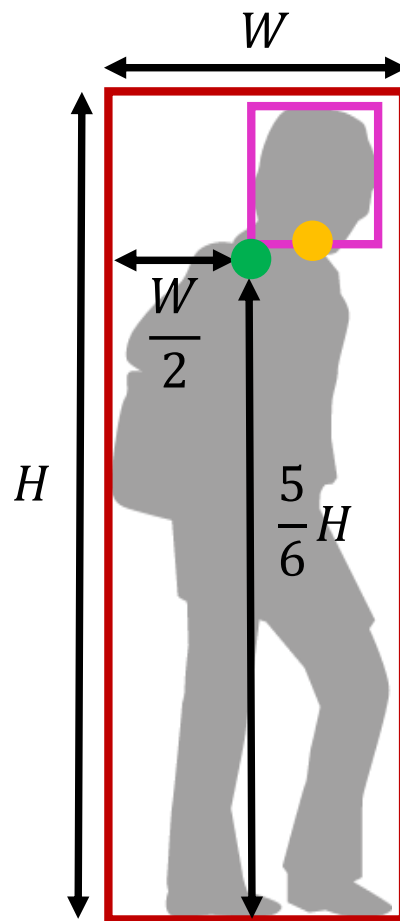
移動を  
予測

次フレーム



◆ 予測したBOX  
◆ 実際のBOX  
の共通部分が閾値  
を超えれば追跡

## 追跡点の定義



● 頭部の底辺中心点  
● 頭部の推定点  
のどちらかの点で扉の  
横断を判定

- ✓ 頭部は見下ろす画角では重なりにくい
- ✓ 2点のどちらかが追跡できれば良く、見逃しが減少

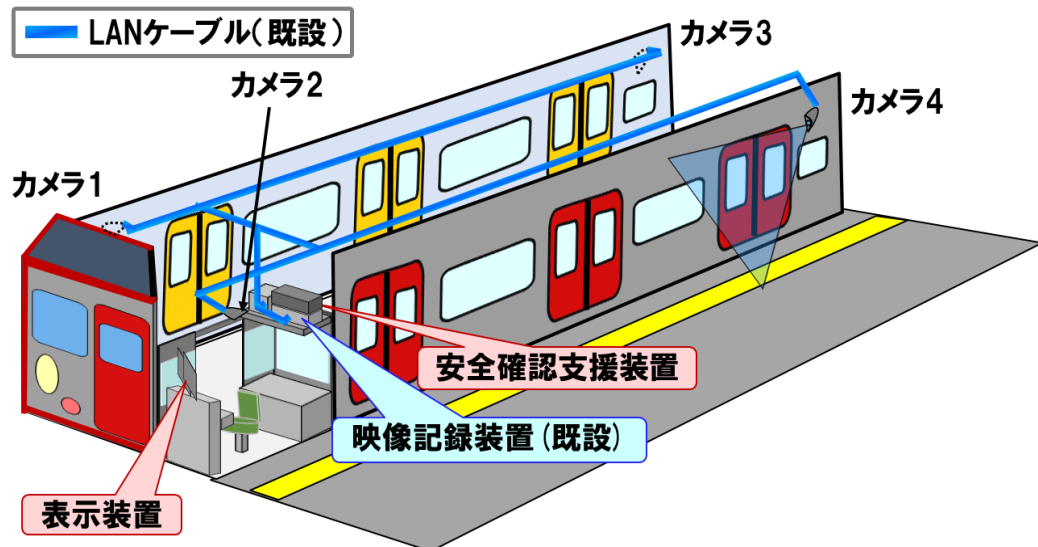
# 目次

---

- 研究背景と目的
- アルゴリズムの開発
  - ✓安全確認支援手法
  - ✓乗降人数カウント手法
- **安全確認支援装置の開発**
- 装置の性能評価
- まとめと成果の活用
- ご質問に対する回答

# 安全確認支援装置の開発

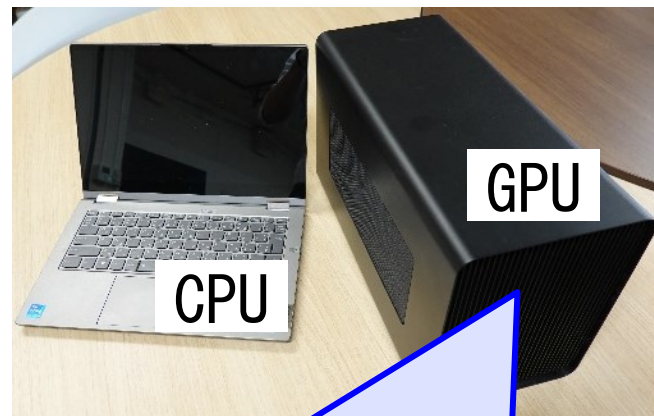
## 必要な装置の台数



4カメラ設置された車両1両につき  
安全確認支援装置1台必要

車両数に応じて費用が多くなるため一台  
当たりのコストを下げるのが望ましい

## 低コストな装置設計



機器の  
イメージ

- ・高価→コスト増
- ・高温→排熱設計難→コスト増
- ・巨大→筐体設計難→コスト増

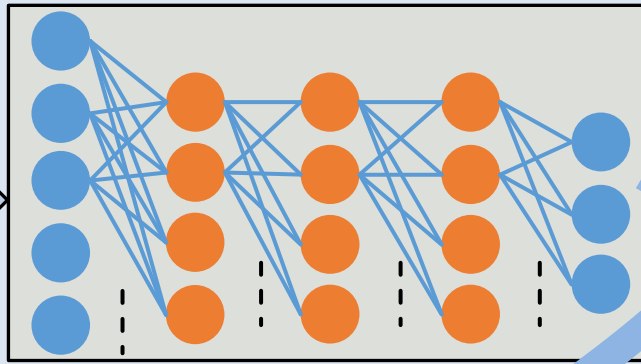
GPUを  
脱却したい

高速なAIモデルを開発することにより  
低コストで実現できるCPUのみで処理を行う

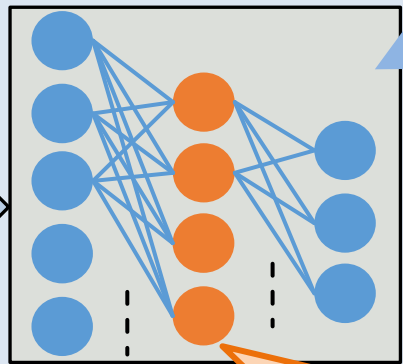
# 安全確認支援装置の開発

## AIの高速化①

高性能モデル(低速)



軽量モデル(高速)

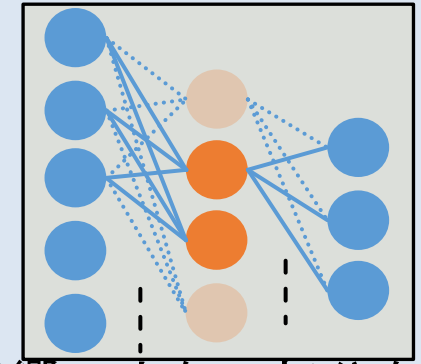
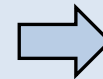
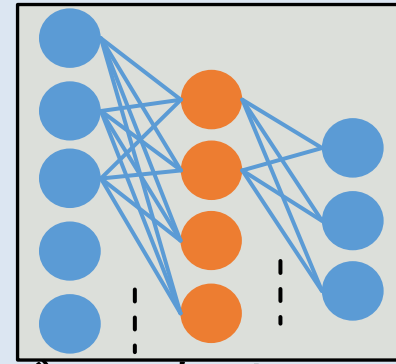


中間層を削減

教師データとして利用  
知識を継承

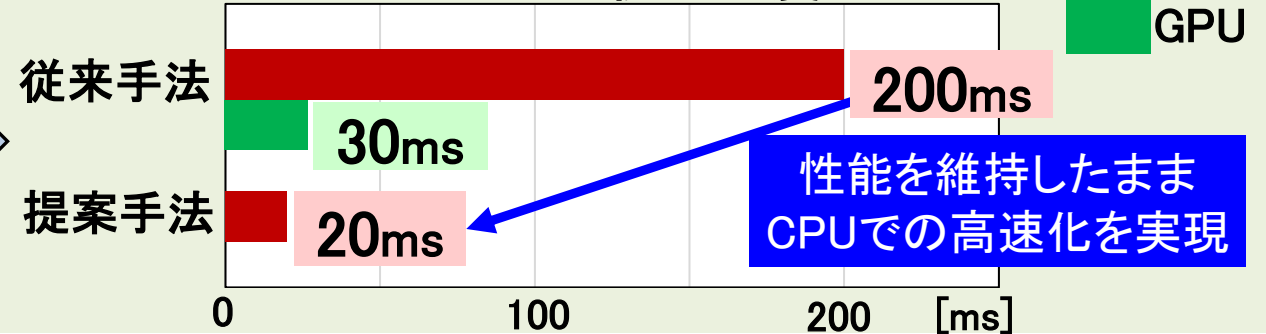
高性能モデルの能力  
を抽出する  
(⇒Distillation: 蒸留)

## AIの高速化②



AIモデルのネットワーク上で影響の少ない部分を算出し削除(⇒Pruning: 枝刈り)

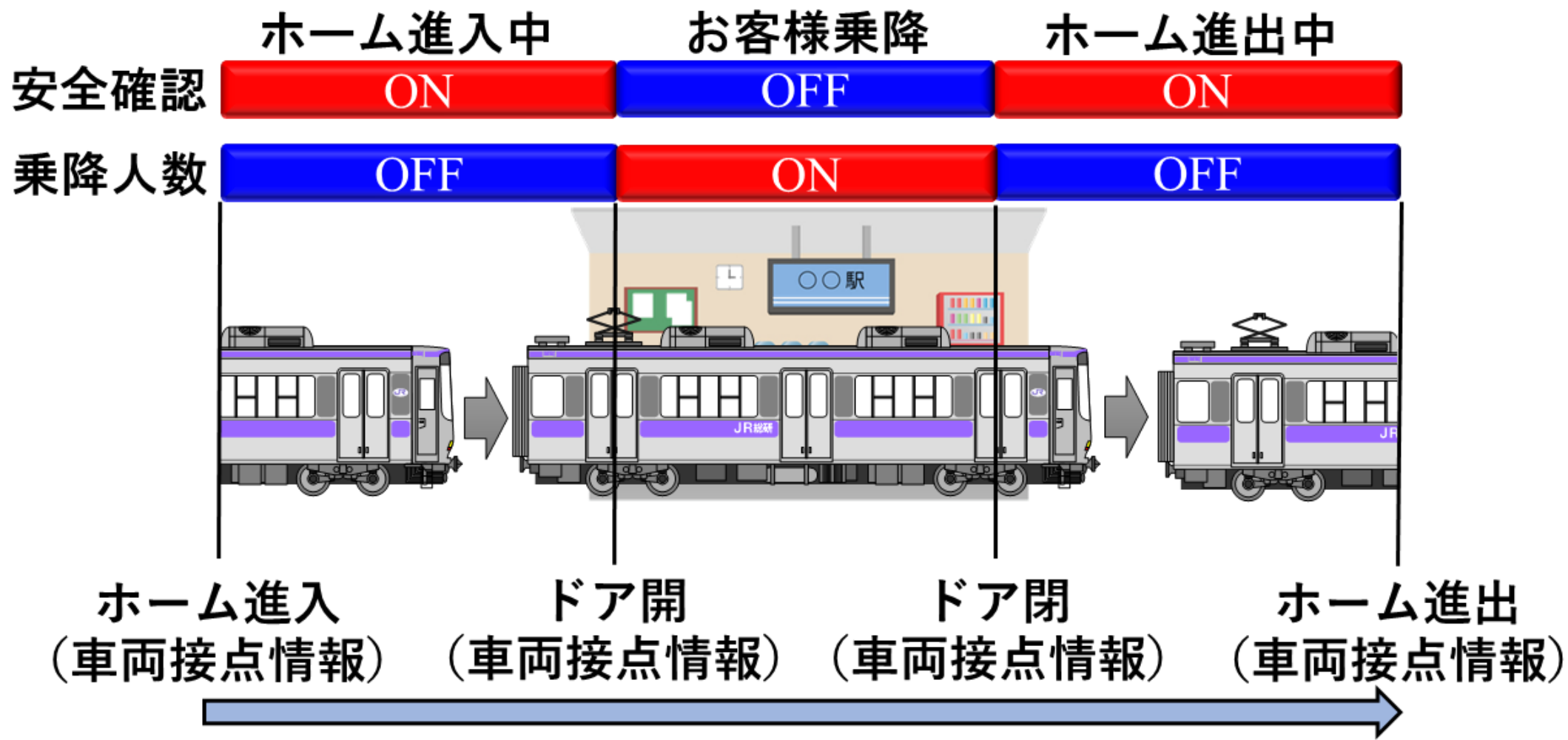
## AIによる検知速度



CPUのみでリアルタイム処理可能なAIモデルを開発

# 安全確認支援装置の開発

## 処理タイミングの制御





# 安全確認支援装置の開発

## 製品スペック

### 仕様一覧

入力電圧	DC100V (+10%、-30%)
消費電力	最大100W
使用温度	-10~50℃
使用湿度	20%~90%(結露無きこと)
外形(W×D×H)	390mm×260mm×70mm
設計質量	5kg以下
搭載CPUボード	CPU: core i5-1185GRE
LTEルータ機能	閉域SIM VPN 通信に対応

\* 車載用振動規格(JIS E 4031)適合

## 装置外観

前面



背面



2023年度よりメーカーから販売開始予定

# 目次

---

- 研究背景と目的
- アルゴリズムの開発
  - ✓安全確認支援手法
  - ✓乗降人数カウント手法
- 安全確認支援装置の開発
- **装置の性能評価**
- まとめと成果の活用
- ご質問に対する回答

# 装置の性能評価

## 試運転列車による走行試験

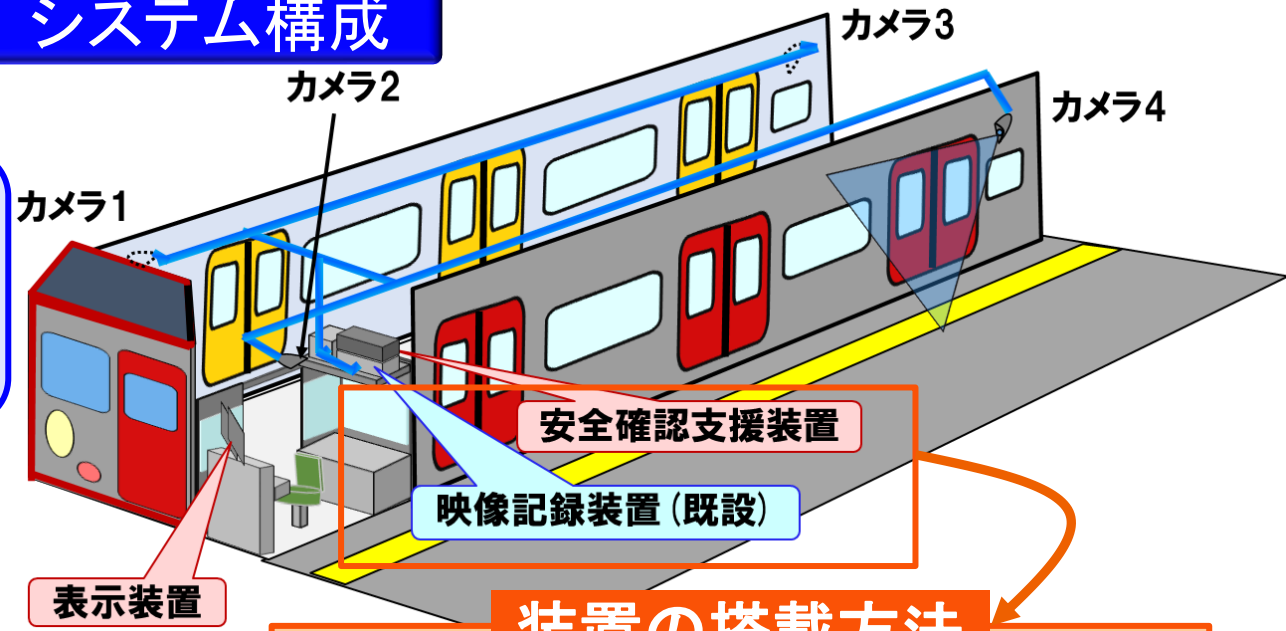


線区: 鹿児島本線  
区間: 熊本～八代  
車両: 815系

- ✓ 装置のプロトタイプを製作し、815系に設置
- ✓ 既存の車両側面カメラシステムと接続
- ✓ 往復11駅で停車し、昼夜の2往復で実施
- ✓ 車いす、ベビーカー、白杖での乗降も模擬

車両側面カメラを搭載した車両での走行試験を実施

## システム構成

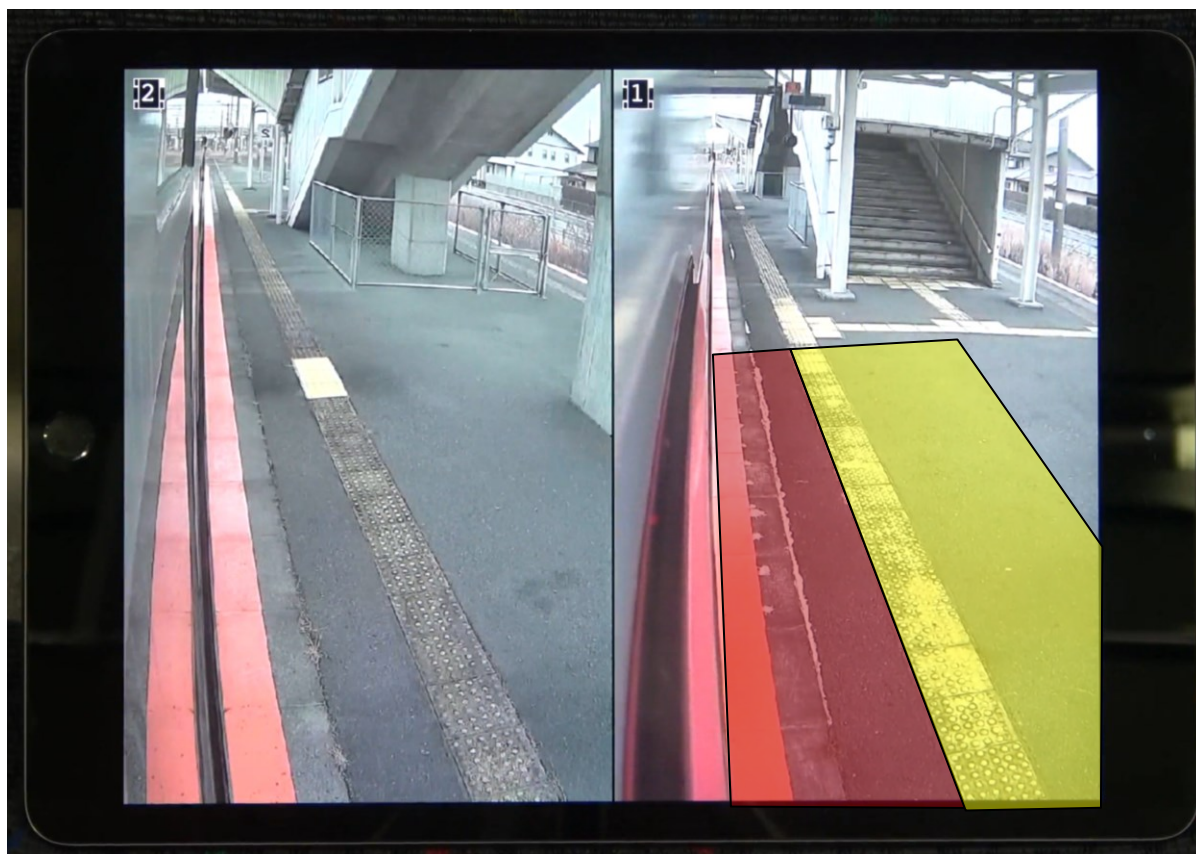


## 装置の搭載方法



# 装置の性能評価

## 安全確認支援(実際のタブレット表示)



## 旅客接近判定の精度(22駅停車)

全検知対象  
(人物/車いす/ベビーカー/白杖)

誤検知率:0.02% 未検知率:3.80%

全検知対象  
(人物のみ)

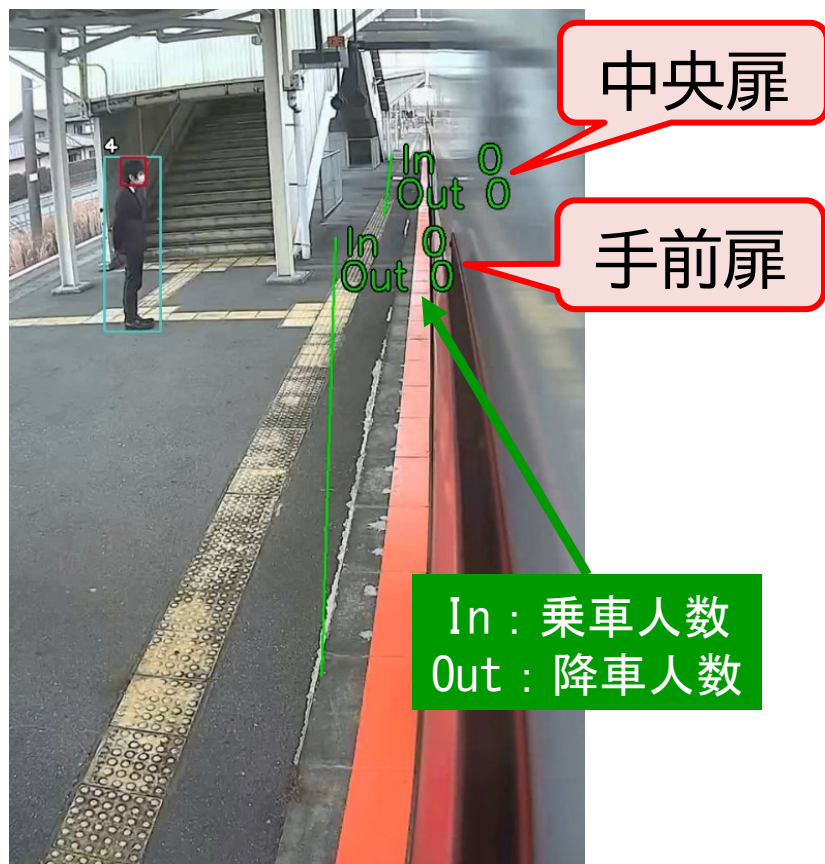
誤検知率:0.00% 未検知率:0.36%  
未検知は0.5秒以上連続しない

誤検知率:安全な状況で通知した割合  
未検知率:危険/注意の状況で通知できなかったの割合

試運転列車による評価試験で、安全確認支援における装置の有効性を確認

# 装置の性能評価

## カウント(装置の内部処理を可視化)



## カウント精度評価

豊肥本線(熊本-肥後大津間)の558駅停車分の映像データで評価

	カウント正解率 (乗車)	カウント正解率 (降車)
手前扉	95.19%	95.86%
中央扉	95.72%	84.49%

走行試験においても正常動作を確認

平均で90%以上の精度で計測可能

# 目次

---

- 研究背景と目的
- アルゴリズムの開発
  - ✓安全確認支援手法
  - ✓乗降人数カウント手法
- 安全確認支援装置の開発
- 装置の性能評価
- **まとめと成果の活用**
- ご質問に対する回答

# まとめと成果の活用

---

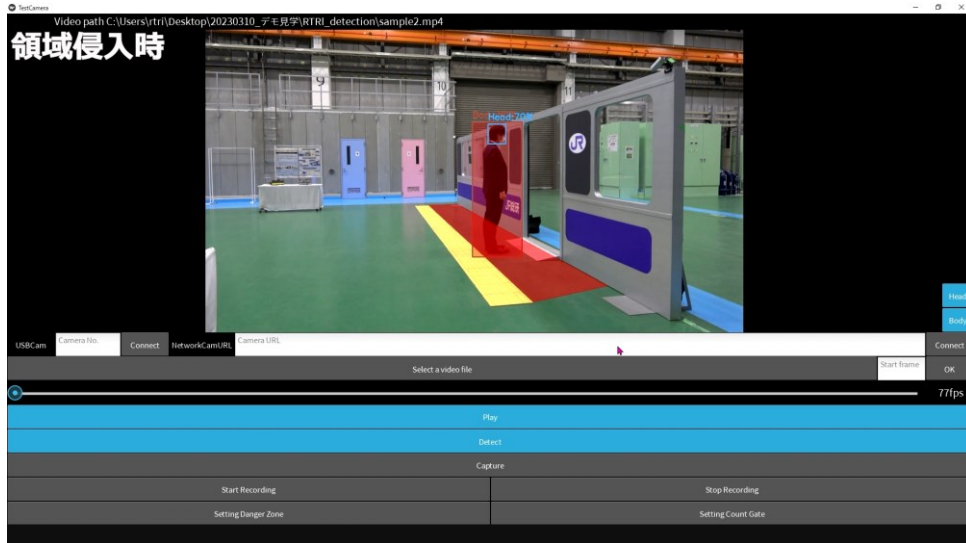
## まとめ

- 安全確認支援手法を開発
  - 人物、**車いす**、**ベビーカー**、**白杖**の接近を検知可能
- 乗降人数カウント手法を開発
  - 乗降人数のカウントについて、**平均90%以上**の精度を達成
- 安全確認支援装置を開発
  - CPUのみで処理できる**高速なAI**を開発
  - 高価な画像処理用半導体（GPU等）を使用せず**低コスト**で実現

# まとめと成果の活用

## 成果の活用

- 開発した装置の導入または仕様書としての提供
- 導入評価ツールの開発



装置の機能を評価できるツールを開発  
➡導入に向けた検討材料の提供

- その他活用への展開

開発した技術は車側カメラ以外にも展開可能

- ◆ ホーム側のカメラにおける安全確認
- ◆ 駅カメラによる人数カウント
- ◆ その他人物等の検知が必要な箇所

\* ツールの試使用をご希望の方は発表者まで個別にご相談ください。



# 目次

---

- 研究背景と目的
- アルゴリズムの開発
  - ✓安全確認支援手法
  - ✓乗降人数カウント手法
- 安全確認支援装置の開発
- 装置の性能評価
- まとめと成果の活用
- **ご質問に対する回答**

## いただいたご質問に回答いたします

- ご質問は画面下側中央の「チャット」より承ります。時間内に回答ができない場合もございますのでご了承ください。
- 個別に回答をご希望される場合は、セミナー終了時のアンケートにご記載ください。