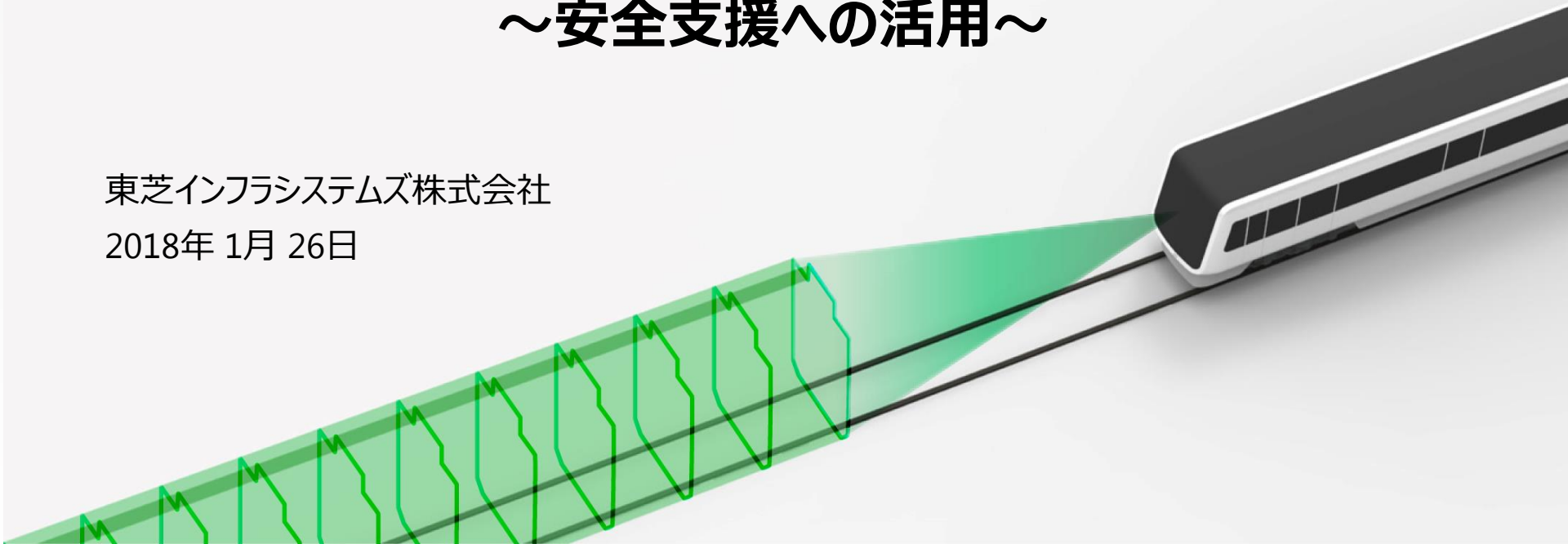


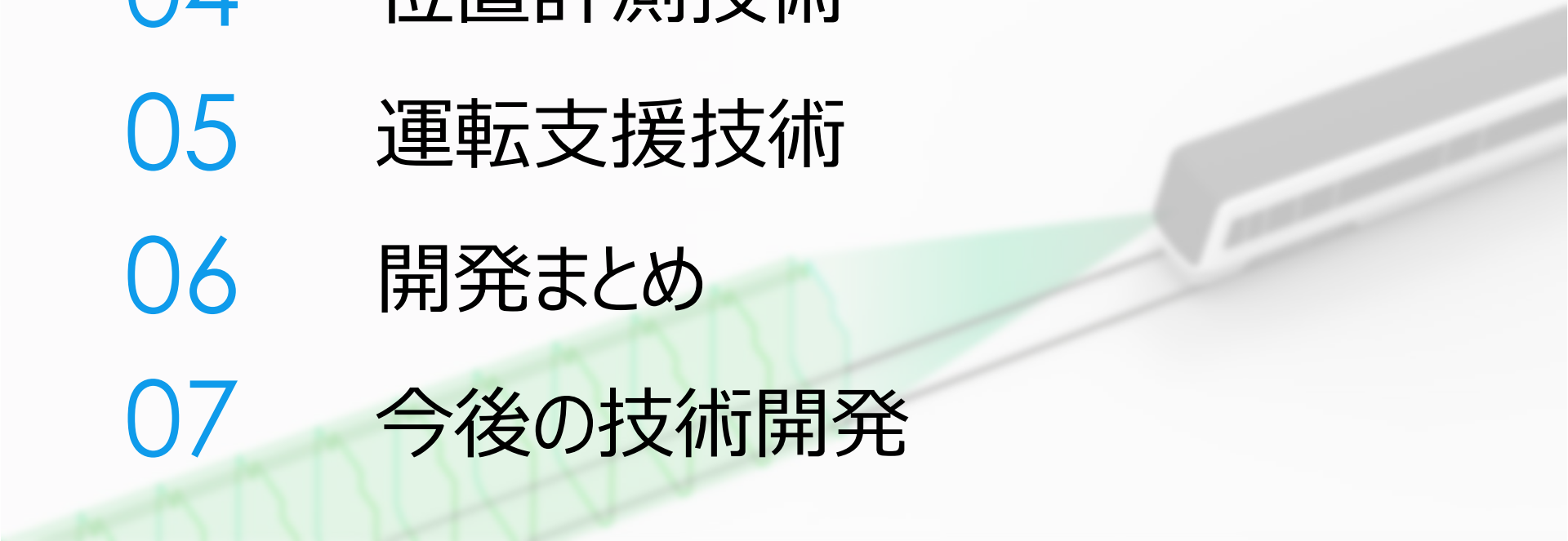
# 東芝インフラシステムズにおける 走行安全支援装置の開発について ～安全支援への活用～

東芝インフラシステムズ株式会社

2018年 1月 26日



## 目次

- 01 開発背景
  - 02 開発概要
  - 03 前方検知技術
  - 04 位置計測技術
  - 05 運転支援技術
  - 06 開発まとめ
  - 07 今後の技術開発
- 

# 01

## 開発背景

# 国内鉄道社会を取り巻く環境と課題

## 大きな流れ

都市部：人口集中

**少子高齢化**

地方：人口減少

## 見えてくる課題

→ **輸送安定性の確保**

- ・過密ダイヤ解消
- ・高乗車率解消

→ **ローカル線存続の危機**

- ・利用者減少

## 求められるもの

高い信頼性

安心

省エネ特性

**高い安全性**

省力化

低コスト

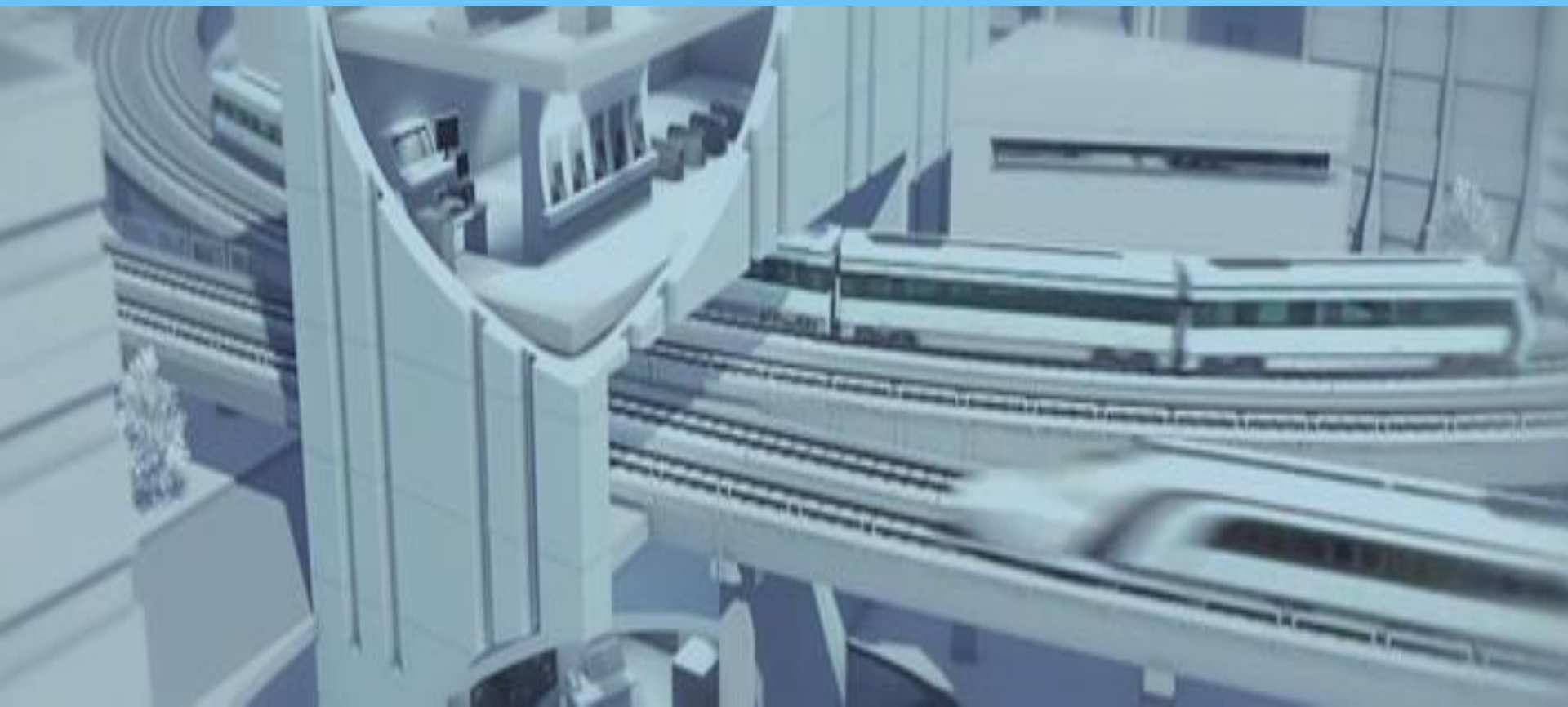
予防保全の効率化



**AI・IoT・センシング技術を結集し、解決を図る。**

# 東芝の鉄道事業の取り組み

東芝は「車両システム」「電力システム」「情報システム」という3つのシステムで、未来に向けて絶えず技術革新を行い、先進技術をグローバルな規模で展開しています。



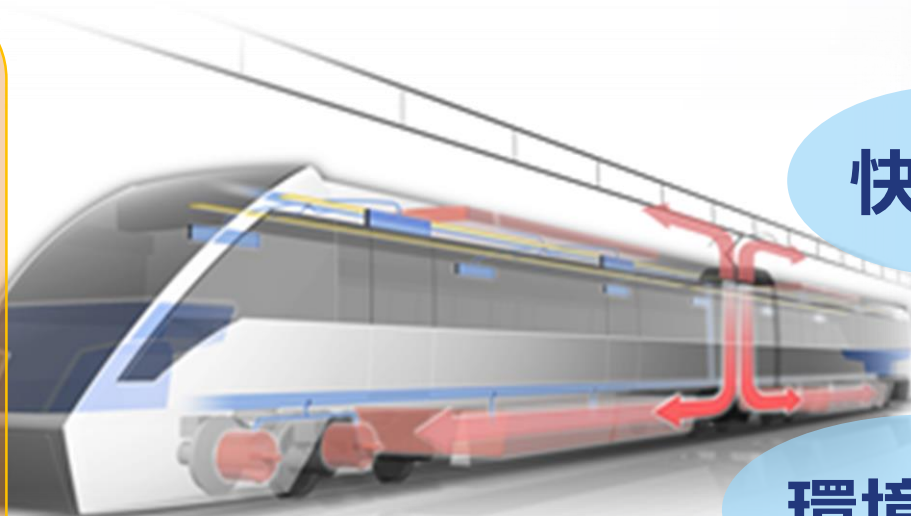
# 東芝の研究・開発への取り組み

安全性、安心、信頼性、環境適応、快適性を訴求する  
高品質な鉄道システム・ソリューションにおいて、あらゆる  
可能性の向上に取り組み、**研究・開発**を進めている。

人命第一・事故防止

安全性

安心



快適性

環境適応

信頼性

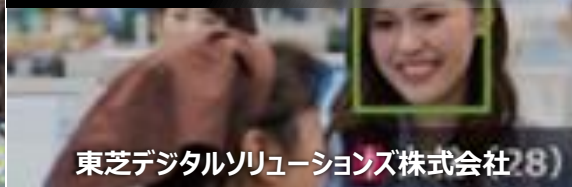
# 東芝の代表的な画像処理技術

鉄道システム（車両システム）への展開、活用をはかり、  
安全性・安心の向上に取り組む。

画像認識プロセッサ  
Visconti™



RECAIUS™  
人物ファインダ



SMART EYE SENSOR MULTI™  
高度な画像認識技術を用いた  
多機能画像センサー



画像センシングシステムを応用した 製品・サービス

画像センシングシステム

株式会社東芝 電力・社会システム技術開発センター

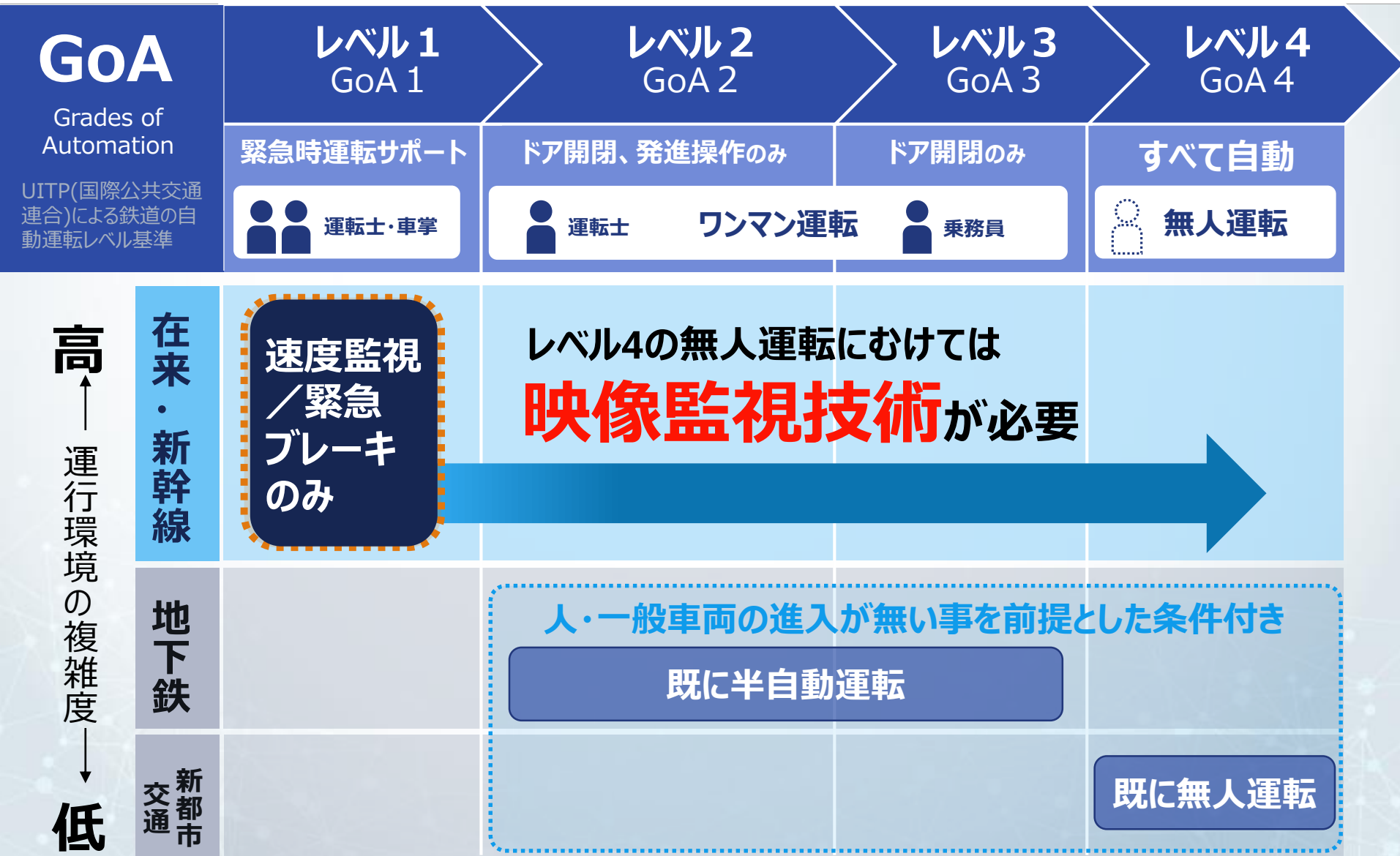


# 車両システムにおける画像処理技術の展開





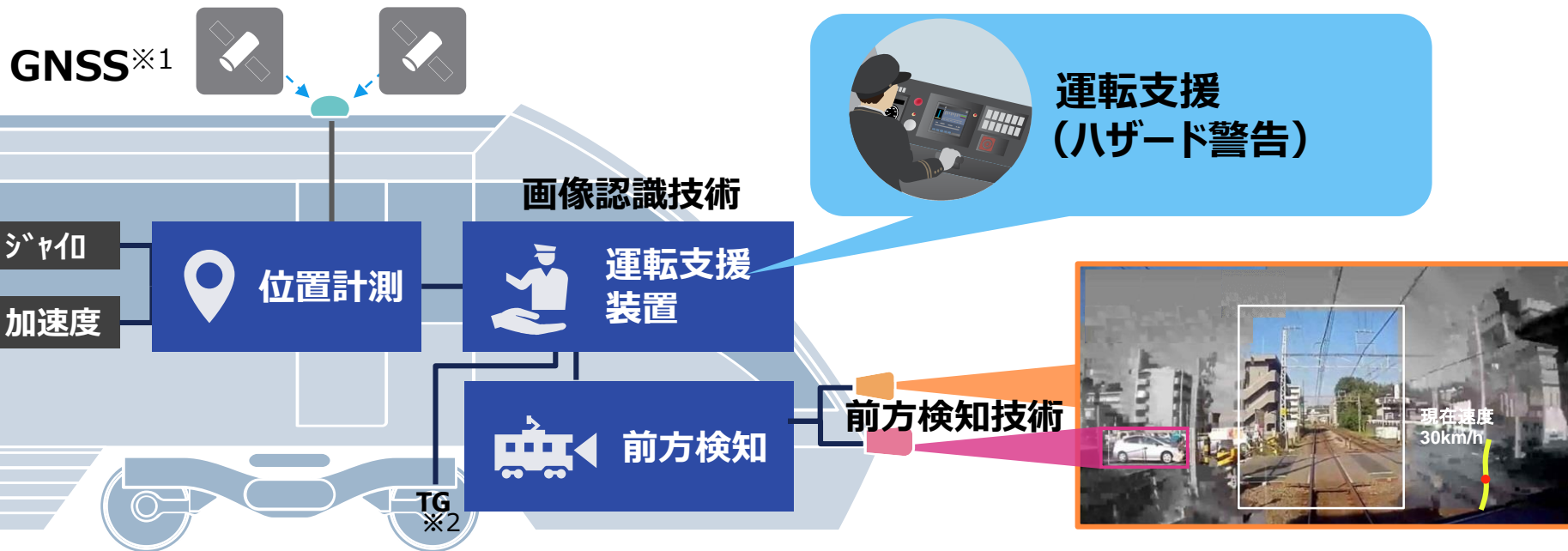
# 鉄道の運転の自動化レベルと日本の状況（ご参考）



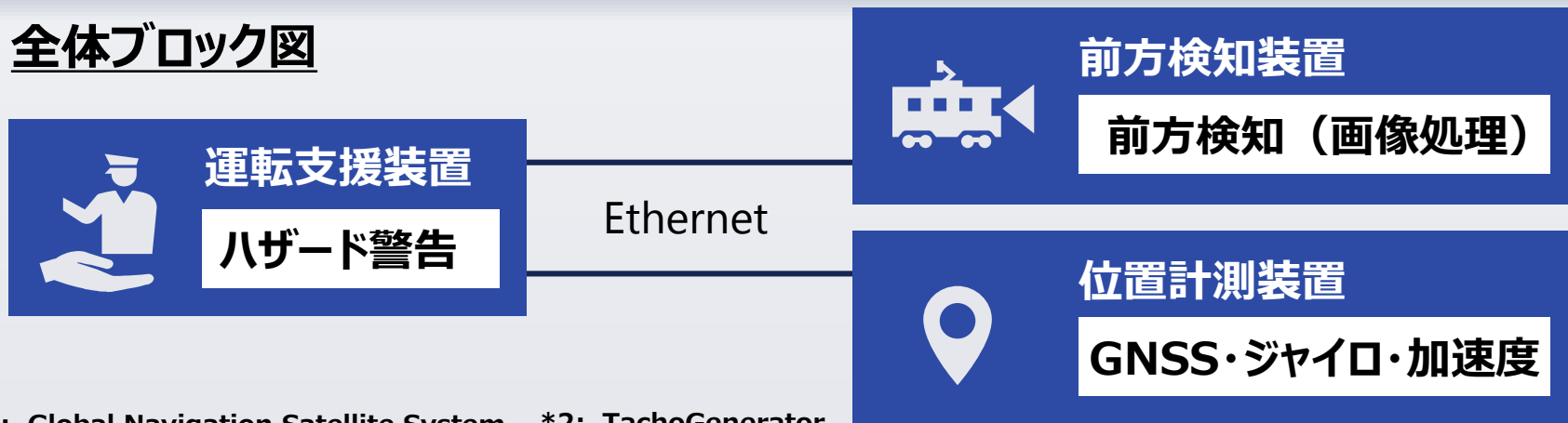
02

開発概要

# システム構成概要



## 全体ブロック図



\*1: Global Navigation Satellite System \*2: TachoGenerator

# 走行安全支援装置の目標性能

## 前方検知



前方障害物検知

**200m**まで



夜間前方200m

**1Lux**で撮影

前照灯の届く範囲



あらゆる天候で

**撮影可能**

雨・霧・雪・  
陽の出・陽の入等

## 位置計測



位置精度

**2m**以内

隣接線路との判別

## 運転支援装置



運転員への警告  
検知から

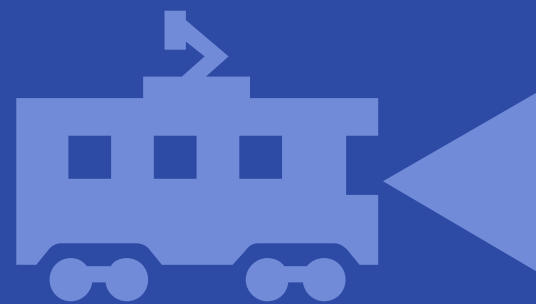
**0.2秒**以内

人間の反応速度

# 03

## 前方検知技術①

- 撮影技術



# センサ方式の比較

## 実用化されているセンサ方式の比較

	ステレオカメラ	単眼カメラ	レーザ	ミリ波
200m先検出	○	△	◎	○
視野角	◎	◎	△	△
距離精度	○	X	◎	◎
横方向精度	◎	○	△	△
夜間	○	○	◎	◎
雨・雪	○	○	○	◎
霧	△	△	△	◎
軌道検出	◎	○	X	X
物体依存性	○	○	△	△
コスト	△	◎	○	△

ステレオカメラが優位

# HDと4Kカメラ画像比較

昼間

夜間

4  
K



H  
D



昼間は圧倒的に4Kが優位であったが、夜間はHDの方が優位な結果となり、本開発ではHDを用いることとした。

# 開発したステレオカメラユニット



外形寸法： W620mm×H50mm×D120mm

レンズ間距離： 440mm（ワイパーが拭き取る幅を考慮）

- 画像サイズはFull HD(1920×1080) 4Kも検討は実施
- 前方障害物認識機能、画像圧縮保存機能を搭載
- 鉄道向け自動撮影アルゴリズムを実装（低照度撮影）
- 映像鮮明化機能（雨や霧）を搭載
- 窓の映り込み対策にレンズフードを実装
- 位置計測機能を搭載



# 試験映像 夜間③(HDカメラ)



目視に近い画像

開発したカメラ画像

# 環境試験

降雨(最大80mm)



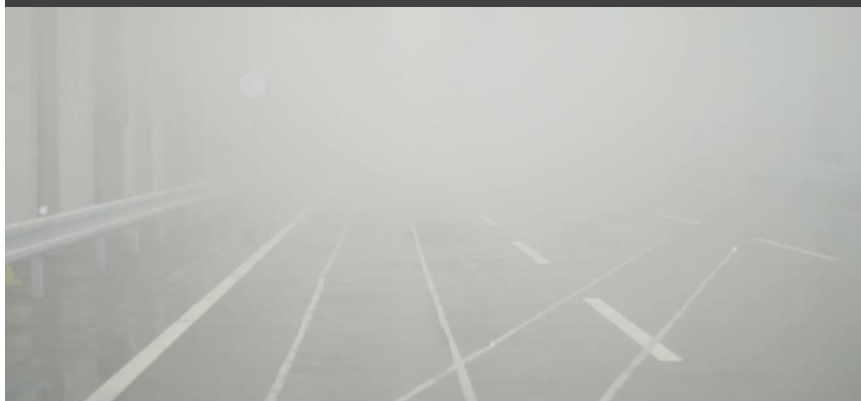
→視程悪化による検知性能低下

晴天下の積雪



→雪上反射によるハレーション

濃霧(視程40m)



→視程悪化による検知性能低下

日照(夕日)



→日射によるハレーション

# 雪での撮影

Before



雪での撮影で当初は明るさを  
下げても白とびがしていた

After



撮影する制御方式を開発して  
明るさを上げた状態でも白とび  
が発生せず軌道を撮影できるこ  
とを確認

# カメラの自動化検討

## 通常 of 監視カメラ

映像信号の明るさの最大値  
でレンズの明るさを制御

ホワイトバランスを制御

映像信号の平均値を用いて  
暗い場合に露光時間とアン  
プで明るさを上げる

## 本実証の監視カメラ

画面を分割して場所により  
輝度平均の重み変えて明る  
さを判定

シャッター速度と  
ホワイトバランスを制御

暗い場合にはアンプと  
フレーム加算で明るさ補正

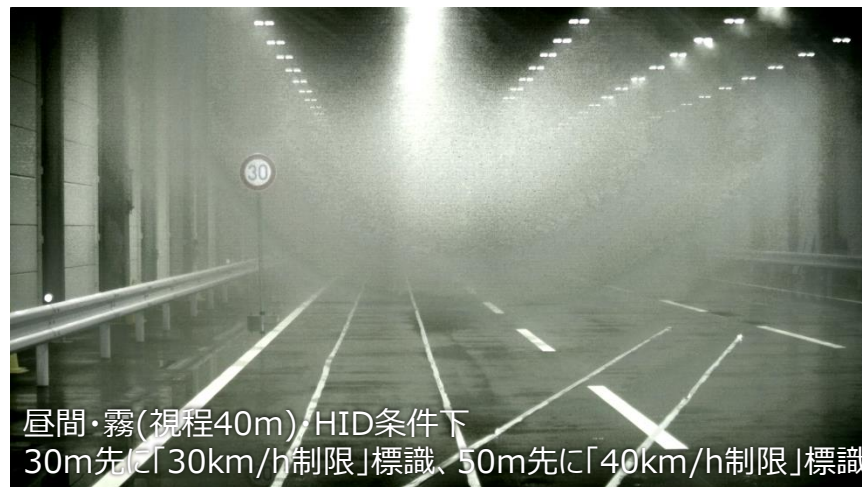
# カメラ制御・映像鮮明化

## カメラ制御

- 監視対象の軌道上が最適になるようにパラメータを設定
- 暗い場合は、アンプゲインやフレーム加算により補正
- 鉄道での環境条件に合わせた試験で調整機能を実装

## 映像鮮明化

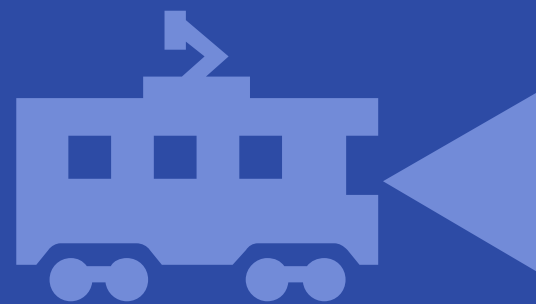
- 特定領域毎に輝度伸長して鮮明化、ノイズ低減



# 03

## 前方検知技術②

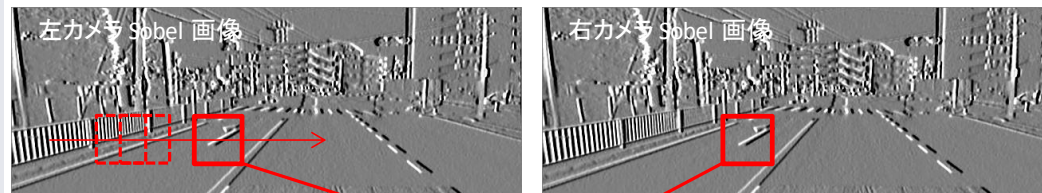
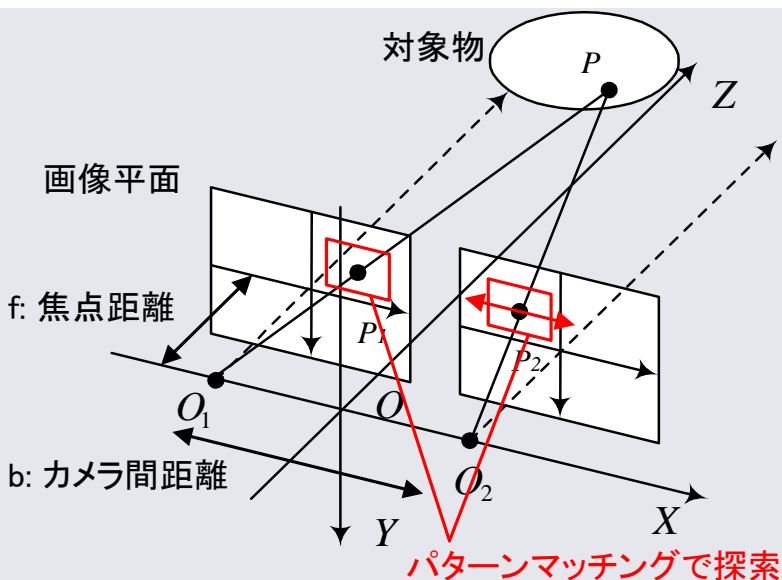
- 画像解析



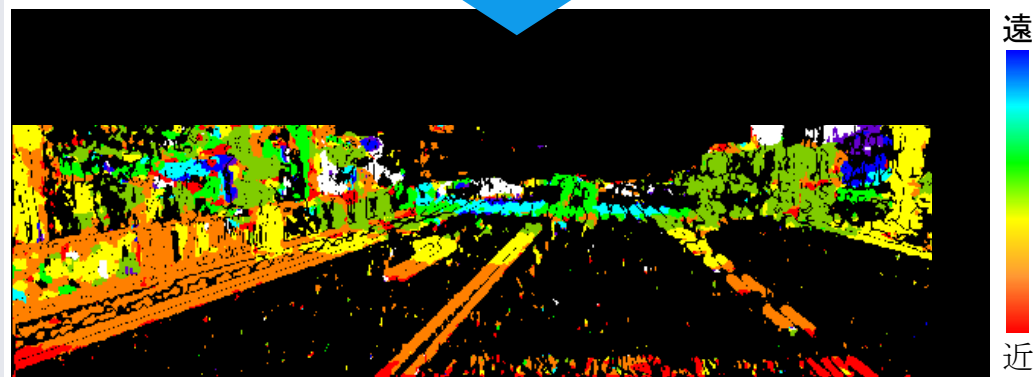
# ステレオ測距の原理

ステレオカメラによって得られた2枚の画像から、三角測距により物体の空間的な位置を計測する。

- ① 2つの画像間の対応点を求め、視差を算出
- ② 視差から距離（位置）を算出



パターンマッチングで、画像間で最も一致する点の視差を求める

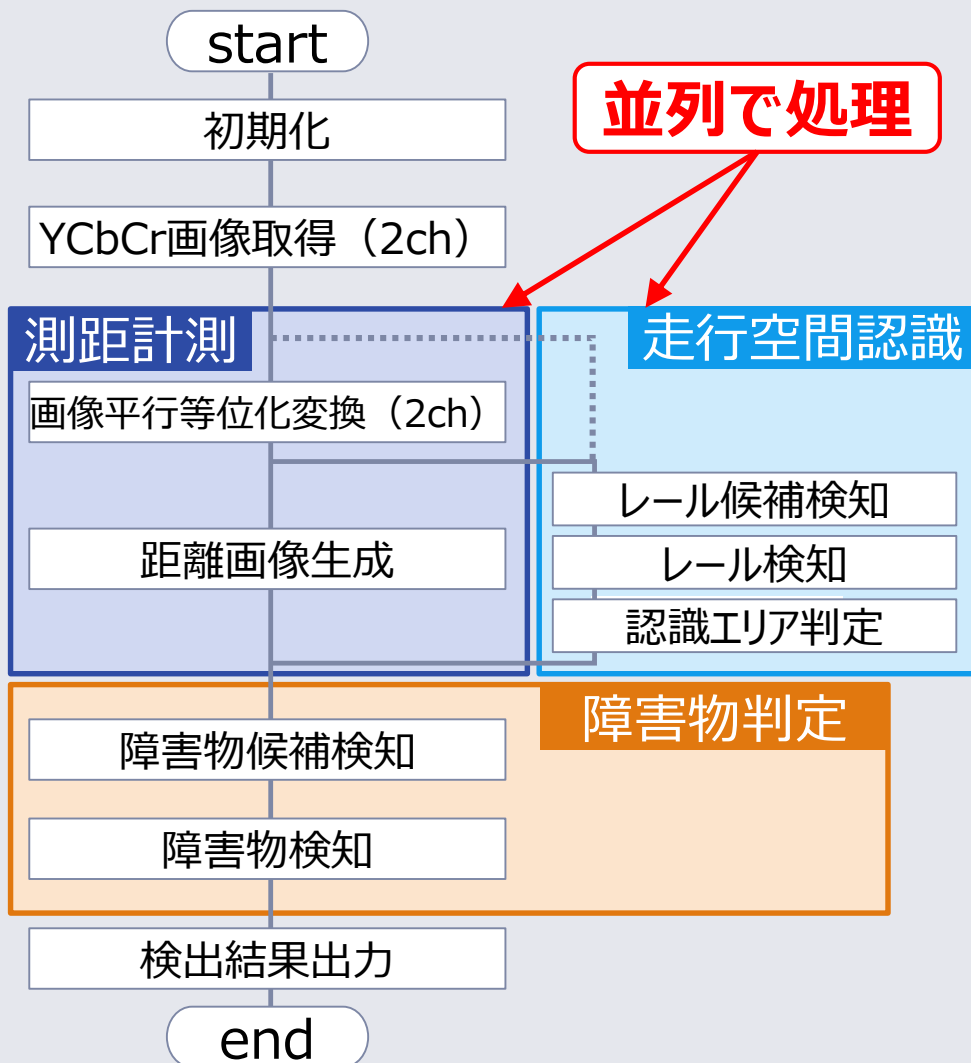


$$\text{距離 } Z = f \times b / d$$

(d: 視差)

# 前方障害物認識の処理フロー

## 基本処理フロー



## 測距計測

ステレオカメラ画像から奥行方向の距離を算出した距離画像を生成する

## 走行空間認識

画像上のレールを検知し、これを基に障害物を見つけるべき空間を認識

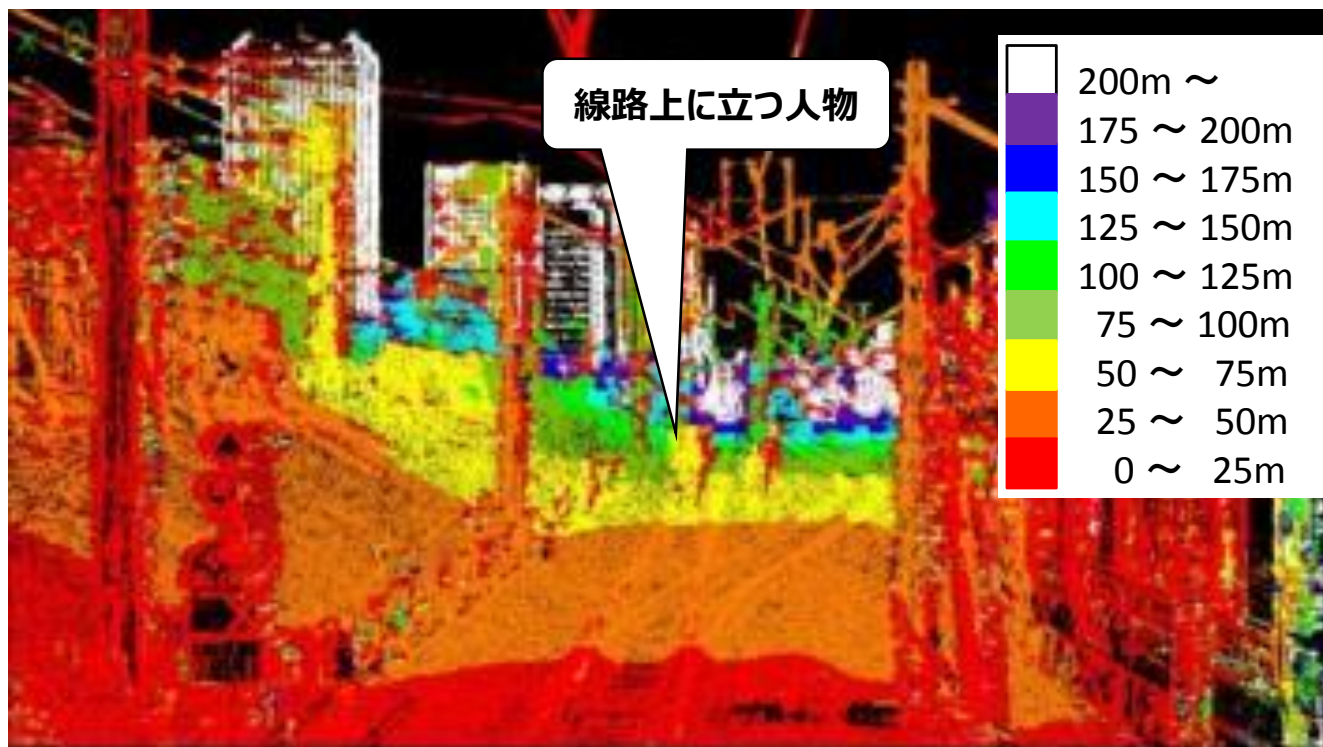
## 障害物判定

認識空間内に存在する障害物の有無を判定



# 測距計測機能

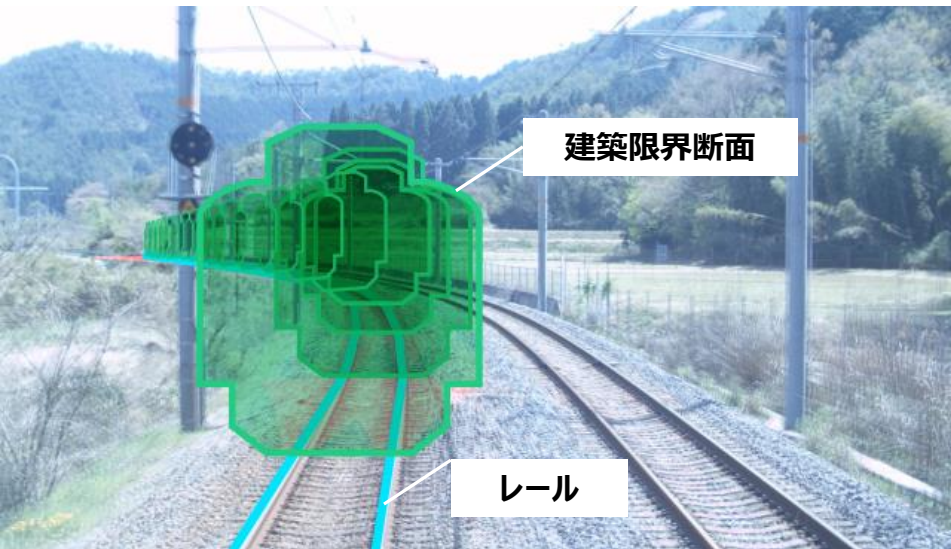
あらかじめ求めておいたレンズ歪みや光軸ズレをキャンセルした画像に変換し、左右一方のカメラ画像を基準とした距離画像を算出する。



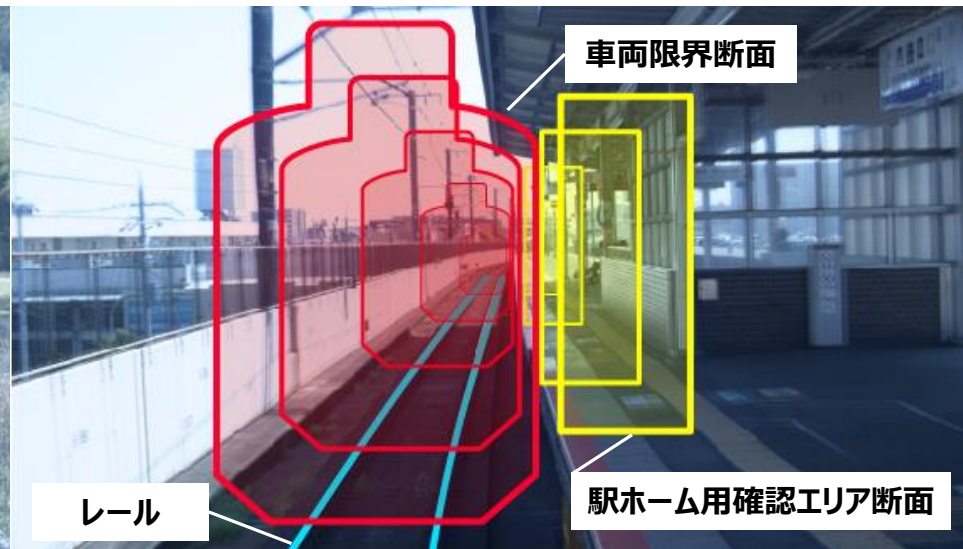
可視化した距離情報

# 走行空間認識機能

1. 画像上のレールを検出
2. レールを基準として車両限界や建築限界の3次元的な空間を考慮し、図に示すように走行空間を認識
3. 障害物を探索すべき認識エリアを設定



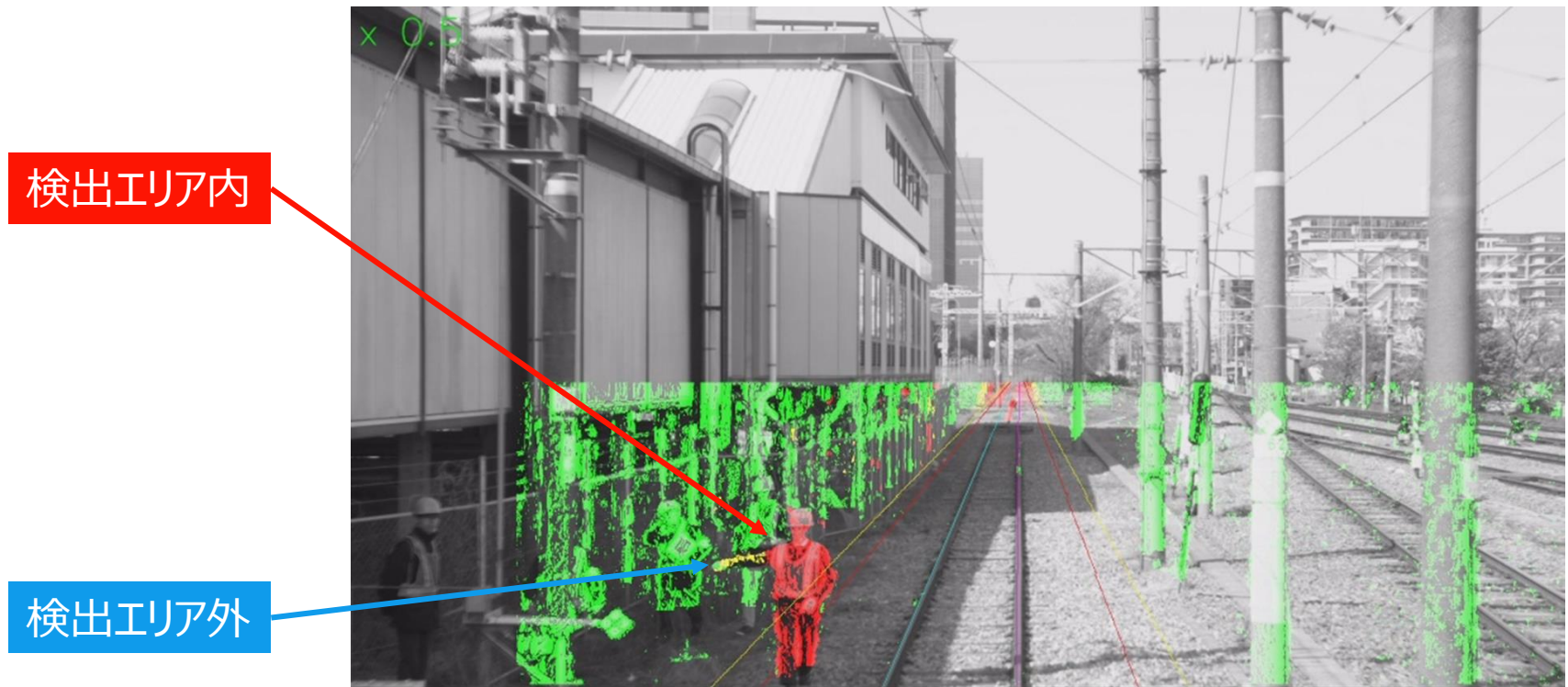
レール検出（水色部）



認識エリアの設定イメージ

# 障害物判定機能

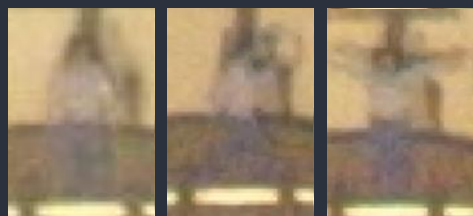
1. 認識したレールの上面部の距離値を基に仮想的な平面状の基準距離を規定
2. 走行空間について、この基準距離より近い距離を持つ立体領域を障害物候補として検知
3. 候補の塊のサイズ等により詳細な属性を判別し、障害物か否かを認識



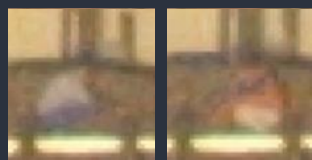
障害物候補（着色部）の検出

# 映像シーンの例

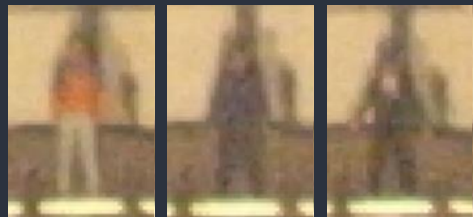
夜間/曇天/200m



正面 横 両手降り



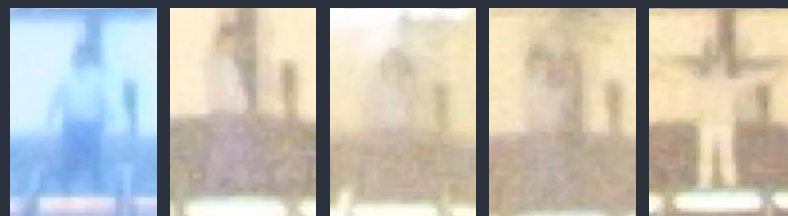
座位 座位



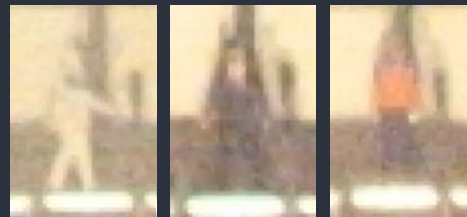
オレンジ色 紺色 スーツ



夜間(一部夕方)/雨天/200m



正面 横 正面・傘 横・傘 両手降り



レインコート スーツ オレンジ色



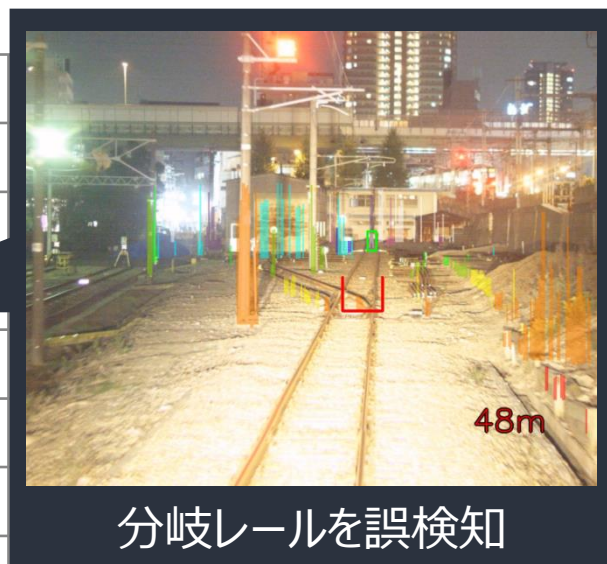
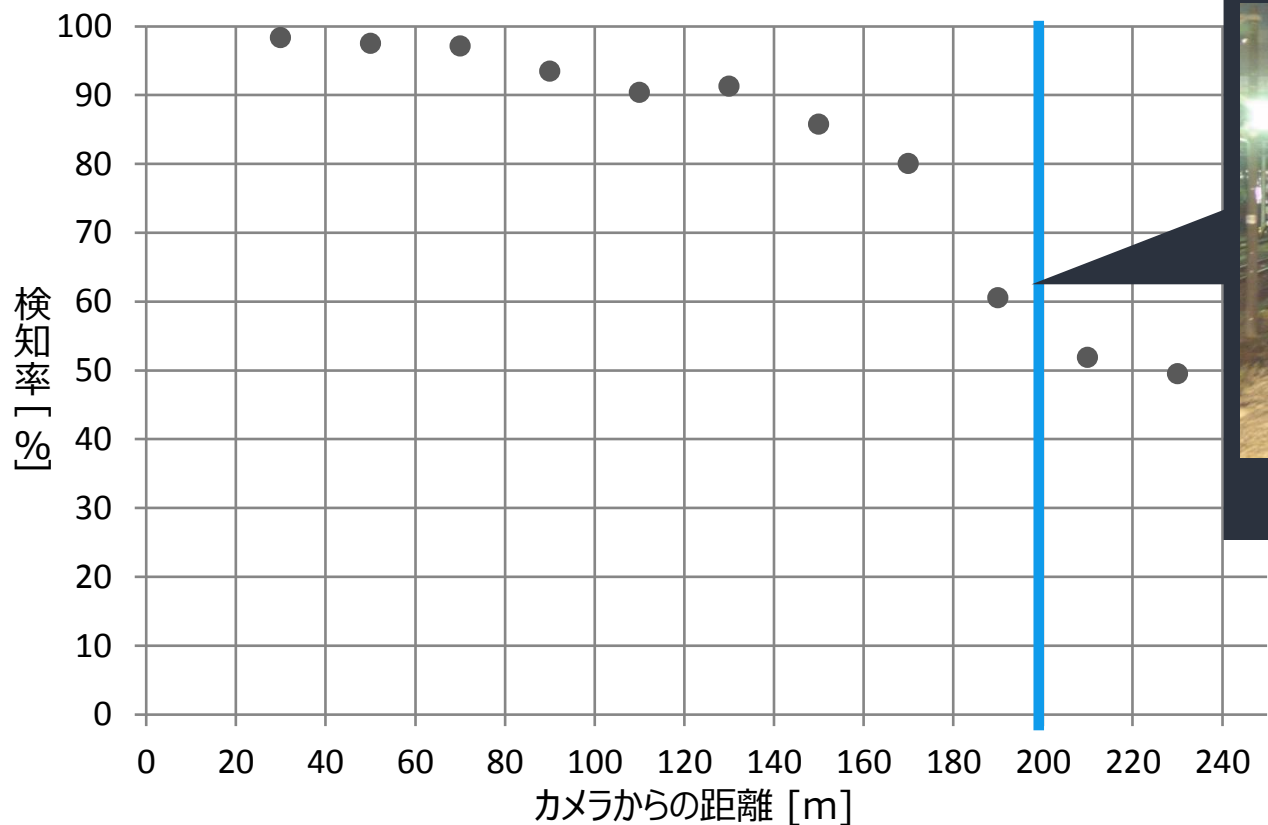
# 障害物認識結果の例



# 認識性能

夜間  
検知率 **91.2%**

20~200mの9870フレーム



# 04

## 位置計測技術①

- GNSSによる計測技術



# 仰角制御のイメージ

## 従来手法



捕捉範囲がアンテナ上方に広いため、  
周囲のマルチパスが混入し  
測位精度を低下

## 提案手法



仰角を絞り、且つ鉄道の進行方向に  
捕捉範囲を絞ることで、マルチパスの  
影響を低減し測位精度を向上



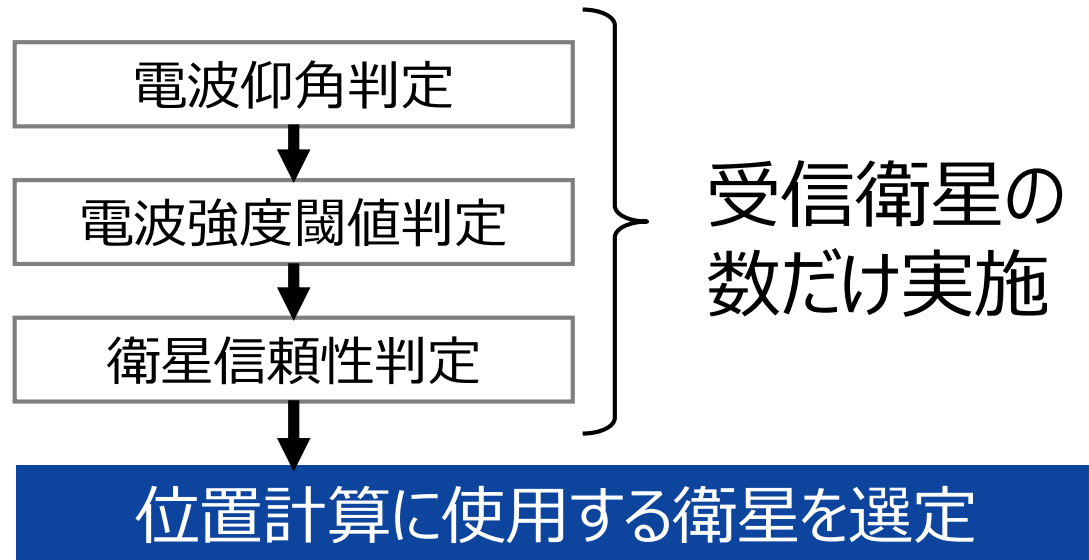
# 計測結果

試作したGNSS位置計測装置

受信衛星の仰角と強度を変更しながら基礎データを計測

(GPS, GLONASS, GALILEO同時計測)なお、北斗は未使用

処理概要



位置精度は**2m**程度で

ロストした場合には位置が飛ぶ結果が出ている（自立方式）

# 05

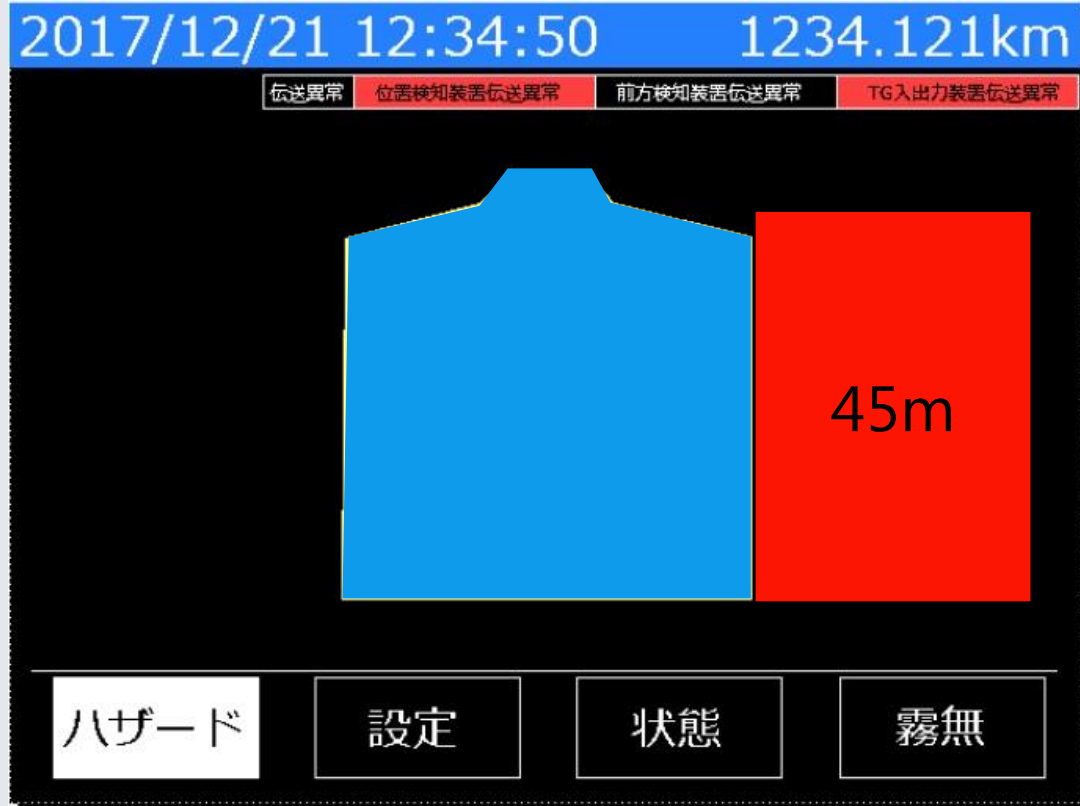
## 運転支援技術

- ハザード警告



# 表示装置 – 小型のタッチパネル表示器 –

表示デバイス	TFTカラーLCD
表示サイズ	<b>7.5型</b>
表示ドット数	640 x 480ドット (VGA)
有効表示寸法	<b>W153.7 x H115.8mm</b>
表示色・階調	65,536色 (ブリンクなし) /16,384色 (ブリンクあり)



画面表示イメージ

# 06

## 開発のまとめ

# これまでの開発まとめ

## 前方検知



- ステレオカメラを開発し、夜間、雨、雪でも監視可能な撮影アルゴリズムを開発した。
- 夜間、晴れの日には200m先の45cm角の物体を検知できることを確認した。雨、霧でも目視では見えない距離の物体を検知できることを確認した。

## 位置計測



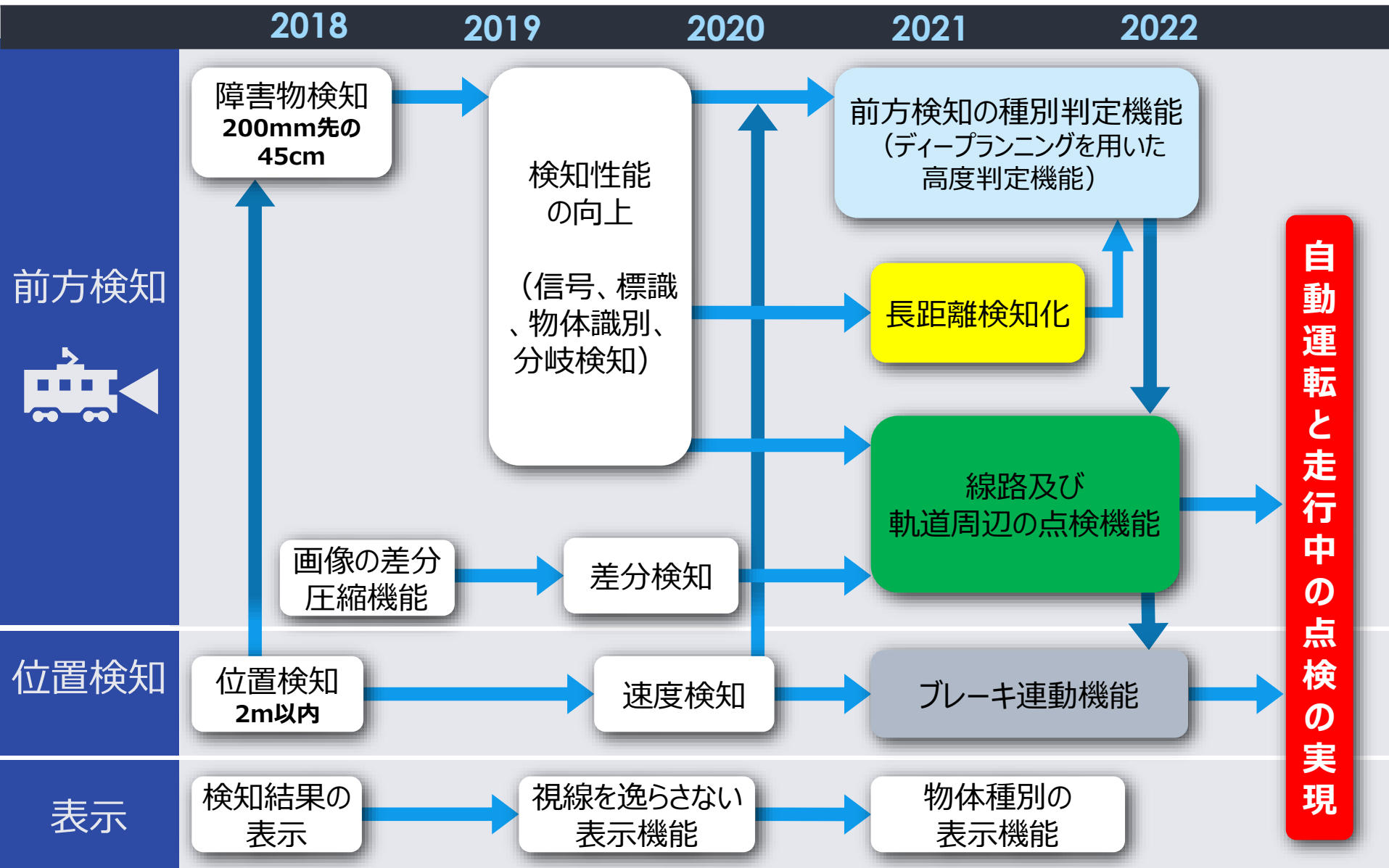
- GNSSを用いた装置を開発し、GNSSで見通しの良い場所では精度2m以内を確認。今後は自立方式でも精度向上を行う。

## 運転支援装置



- 運転中に確認できる検知判定表示を試作した。

# 走行安全支援装置の今後の開発計画



**TOSHIBA**

**Leading Innovation >>>**