

# 鉄道のテロ対策に関する研究 —鉄道用異常検知・情報配信システムの開発—

信号・情報技術研究部  
鵜飼 正人



Railway Technical Research Institute

## 鉄道用異常検知・情報配信システムの概要



Railway Technical Research Institute

## 鉄道用異常検知・情報配信システムの構成



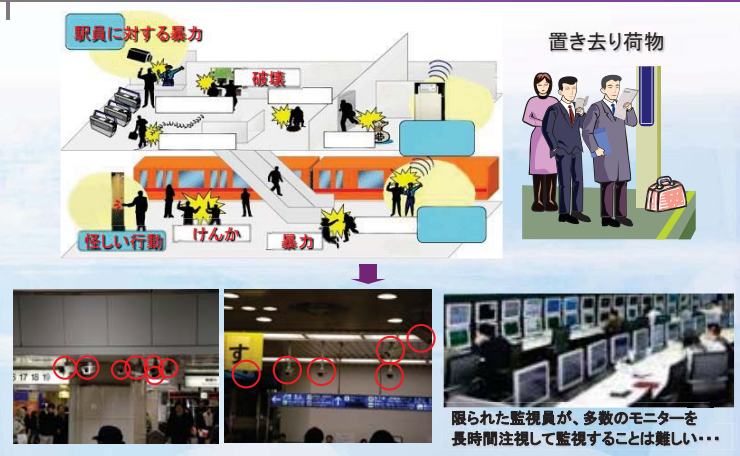
配信情報を表示している様子

配信された情報を確認する駅員



Railway Technical Research Institute

## 駅における異常事象

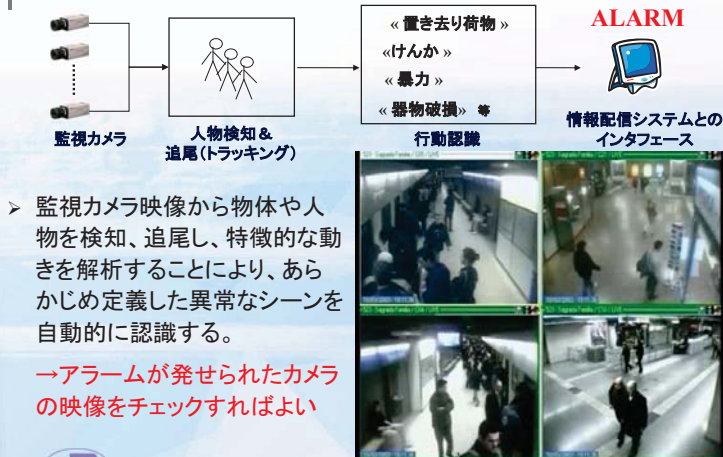


限られた監視員が、多数のモニターを長時間注視して監視することは難しい...



Railway Technical Research Institute

## 知的なビデオ監視システムのイメージ



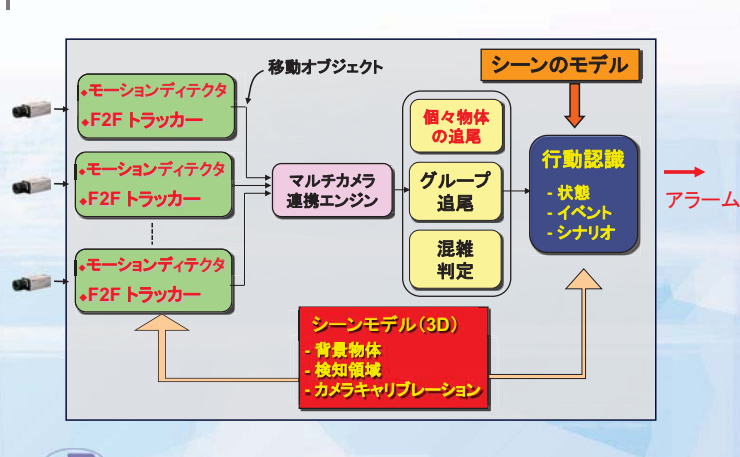
監視カメラ映像から物体や人物を検知、追尾し、特徴的な動きを解析することにより、あらかじめ定義した異常なシーンを自動的に認識する。

→アラームが発せられたカメラの映像をチェックすればよい



Railway Technical Research Institute

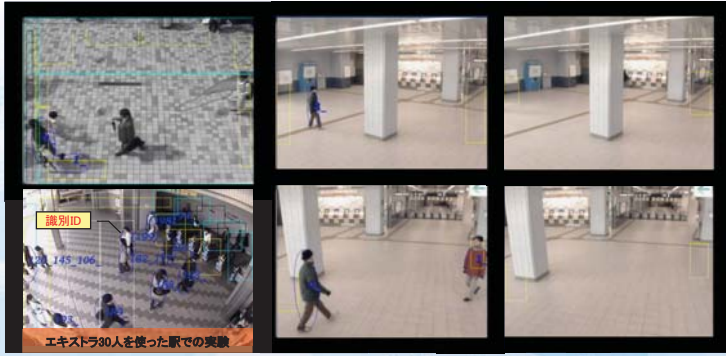
## ビデオ監視における個々の人の追尾技術



Railway Technical Research Institute

## 実環境に頑強な人物追尾技術

- 柱などによる隠れや雑踏下でも個々人を識別して追跡
- カルマンフィルタの適用により、人物の位置と速度を推定



エキストラ30人を使った駅での実験  
同時に10人程度まで認識

対象物のサイズ、スピードに着目 色情報も勘案



## 追尾性能の評価 ー実環境に合わせた実験条件ー



エキストラ30人による歩行データの撮影



## 追尾性能の評価 ー改札通行人数のカウントー

解像度352x288 俯角40°

|                  | 改札へ向かう人の数 | 改札から出る人の数 |
|------------------|-----------|-----------|
| カウンタ値(観測値) R1    | 70        | 78        |
| カウント漏れ(未検知) M    | 23        | 19        |
| カウント不良(二重カウント) F | 1         | 1         |
| 実際的人数(R1+M-F) R2 | 92        | 96        |
| 検知精度 R1/R2       | 76.1%     | 81.3%     |

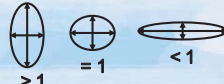
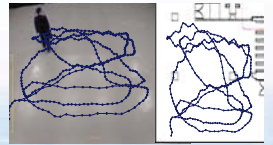
解像度704x576 俯角40°

|                  | 改札へ向かう人の数 | 改札から出る人の数 |
|------------------|-----------|-----------|
| カウンタ値(観測値) R1    | 76        | 84        |
| カウント漏れ(未検知) M    | 18        | 15        |
| カウント不良(二重カウント) F | 2         | 3         |
| 実際的人数(R1+M-F) R2 | 92        | 96        |
| 検知精度 R1/R2       | 82.6%     | 87.5%     |



## 行動認識手法① ー異常シーンの検出に有効な特徴量の計測ー

- 動き Mobility**: 軌跡の重心と物体の中心との距離  
⇒ 人の徘徊、けんかなどに対して有効
- 重み Weight**: 人物の融合の程度を表す  
⇒ 人の集合・徘徊に対して大きな値を示す
- 縦横比 AspectRatio**: 物体の縦横比  
⇒ 人の転倒検知に有効
- 分割&併合度 FreqSplitMerge**  
単位時間当たりに分離&融合した回数  
⇒ 破壊やけんかに対して大きな値を示す
- ゆらぎ Jitter**: 単位当たりに変化した物体のサイズ  
$$\frac{1}{30} (\sum |width_t - width_{t-1}| + \sum |height_t - height_{t-1}|)$$
  
⇒ 激しい動きほど大きな値を示す



けんかや破壊の検知に利用



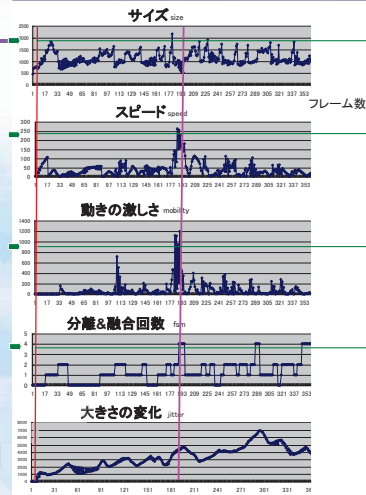
## 主要な特徴量の観測

暴力シーンを例に



アラーム出力に有効と思われる特徴量を、時系列でモニタリングすることで、適切な閾値を決定

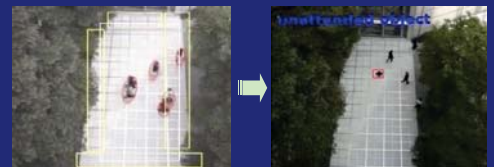
size > 1800 speed > 230  
mobility > 900 fsm > 3



## 異常事象の検知結果

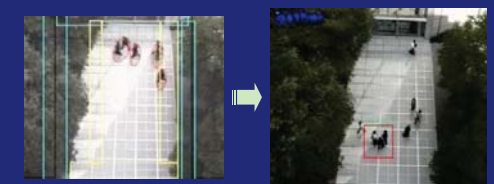
### 置き去り荷物

- 縦横比
- 動き (mobility)
- スピード
- 存在時間 (age)
- ...



### 集合

- ジッタ (jitter)
- 動き (mobility)
- 分割&併合
- サイズ
- スピード
- ...

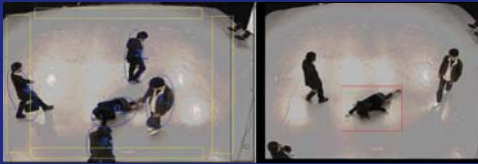




## 異常事象の検知結果

### 転倒

縦横比  
動き (mobility)  
スピード  
存在時間 (age)  
...



### 車内暴力

ジッタ (jitter)  
動き (mobility)  
分割&併合  
サイズ  
スピード  
...



| direction | size | stops, in region | visits | path | assertions | Position | jitter | mobility |
|-----------|------|------------------|--------|------|------------|----------|--------|----------|
| 137       | 2421 | 2, 2             | 1      | 1,   |            | 172,111  | 2      | 6698     |
| -132      | 3041 | 0, 0             | 1      | 2,-, |            | 239,119  | 2      | 301341   |

## アラーム出力方法の検討 - 情報配信システムとのI/F -

情報配信サーバとのI/Fプログラムを設計・製作

◆ 複雑なシーンの理解

時空間情報、音声情報の利用

## AND/OR 判定を用いた行動認識

### けんか：4つの条件の組み合わせで判定

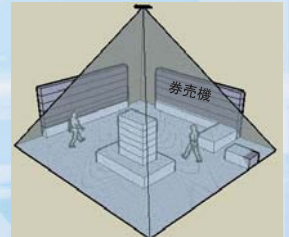
- ◆ 人の周りに倒れている人がいる
  - ◆ グループの幅が極端に変化する
  - ◆ グループ内での分離回数が多い
  - ◆ グループの軌跡が極端に変化する
- and or and or and or



## 行動認識手法② - 状態遷移を考慮した行動認識手法 -

### 状態 (States), イベント (Events), シナリオ (Scenarios)

- ▶ **状態**：ある時間間隔で観察される、時空間における人物の様子  
例：《歩行》, 《着席》
- ▶ **イベント**：オブジェクトに関する主だった状態変化  
例：《入ってくる》, 《立ち上がる》
- ▶ **シナリオ**：ある程度の時間の中で観察される特徴的な事象  
例：《けんか》, 《非法行為》



## 異常な事象を検知すると言ったものの・・・

“異常”そのものを定義することは難しい・・・



「普通と違っていること、いつもと違うこと」

広辞苑より

通常動作でないもの

通常動作を認識し、それにあてはまらないものとして識別

## 固有空間法による画像認識 歩行軌跡の学習



普通の人の動き

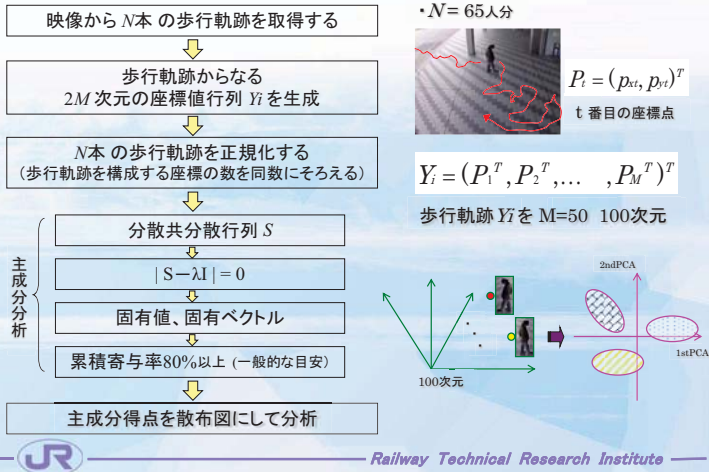


普通でない人の動き



歩行軌跡(座標データ)を主成分による散布図で解析

## 歩行軌跡の学習と固有空間

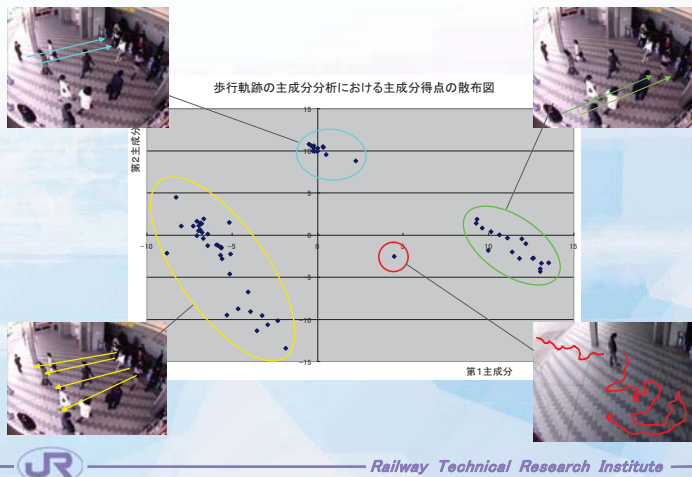


## 固有空間法による分析結果

|           | 第1主成分      | 第2主成分      | 第3主成分      | 第4主成分      | 第5主成分      | ..... |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| 主成分得点     |            |            |            |            |            |       |
| 人物1       | -5.322539  | -9.4783021 | 3.2812837  | 1.06921355 | 0.40632213 |       |
| 人物2       | -3.2625814 | -8.5484614 | 3.46100734 | 1.31183683 | -0.0492805 |       |
| 人物3       | -8.6713561 | 1.89624671 | 4.71558938 | -0.8191095 | -0.0582618 |       |
| 人物4       | -2.9344686 | -10.62476  | 2.94899058 | 2.3005265  | 0.55419123 |       |
| 人物5       | -2.3271841 | -10.178311 | -0.4461162 | 3.05376597 | 0.45001439 |       |
| 人物6       | -1.8662388 | -13.44378  | 1.26724011 | 3.80303377 | 0.11472187 |       |
| 人物7       | -8.6937547 | -0.3969362 | -0.8631118 | -0.5565511 | -0.089031  |       |
| 人物8       | -8.8887851 | 0.63402398 | -0.183395  | -0.767549  | -0.0581471 |       |
| ⋮         |            |            |            |            |            |       |
| 人物6 4     | -0.2309155 | 10.3037788 | 0.94850021 | 1.35491346 | -0.227847  |       |
| 人物65 (排他) | 4.47278771 | -2.5209729 | 0.78960382 | 1.04003522 | -2.9429405 |       |
| 寄与率       | 54.6679    | 35.3066    | 6.3718     | 2.2733     | 0.5892     |       |
| 累積寄与率     | 54.6679    | 89.9746    | 96.3464    | 98.6198    | 99.2090    |       |

一般的な目安 → 累積寄与率80%以上

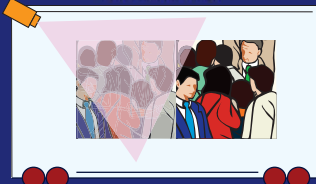
## 主成分得点の散布図



## 車内における異常事象の検知

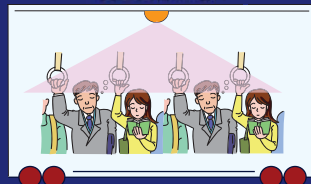
### カメラ配置の違いによる映像の違い

斜め画像の場合



- ・重なりによる隠れの問題
- ・顔が映る(本人が特定できる)

真上画像の場合



- ・重なりが少ない
- ・顔を直接写さない(本人を特定できない)

### 車内における異常事象の検知実験

#### > 検知対象シーン

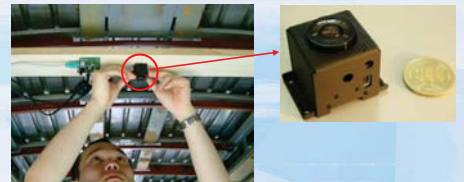
- ・いたずら (窓ガラスへの落書き等)
- ・暴力



#### > 超広角小型カメラ



半球状視野を撮影  
3台で1両(約20m)をカバー

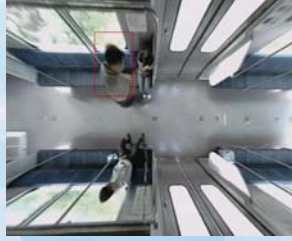
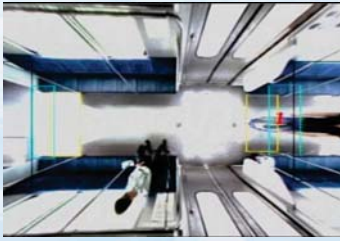




## 異常事象の検知結果

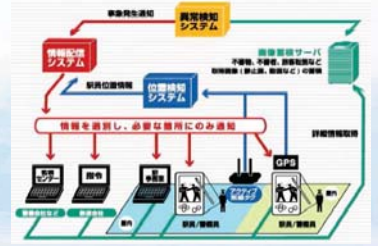


- **暴力** ジッター(jitter)、動き (mobility) 等を用いた、AND/OR条件判定

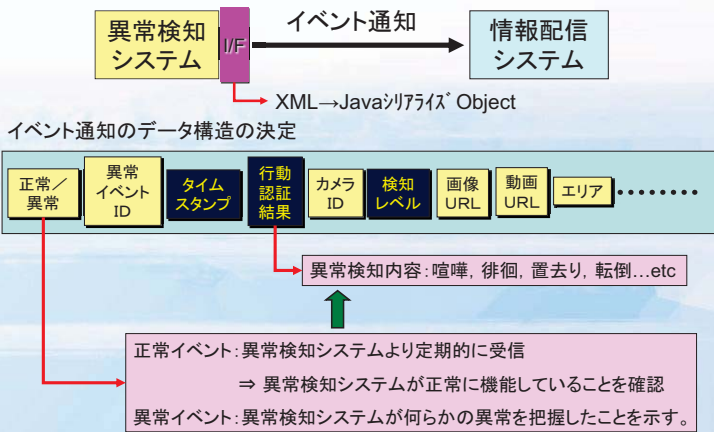


## 情報配信システムの主要な機能

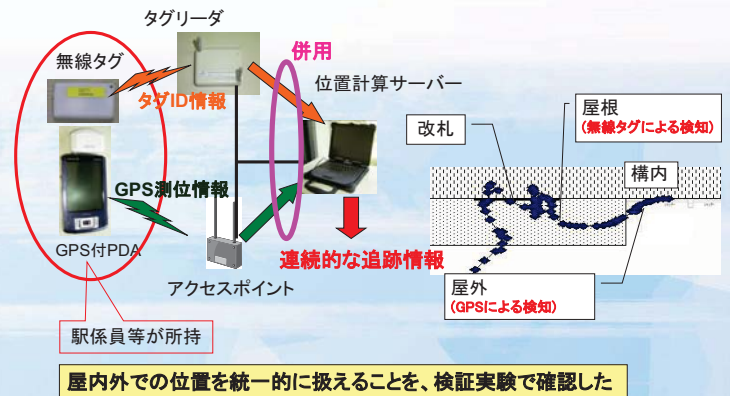
- ◆ **配信先自動選択機能**
  - ・異常通知の内容に応じて配信先を選択
  - ・駅員等の位置を把握し配信先を選択
  - 位置計算サーバとの連携
- ◆ **詳細情報取得機能**
  - 画像蓄積サーバへのアクセス 異常発生状況を静止画、動画で把握
- ◆ **異常検知システムの動作監視**
  - 異常検知システムからのデータの常時監視
  - 定期的な正常イベント受信を監視することにより、異常検知システムの「異常」を把握



## 異常検知システムと情報配信システムのインターフェースの開発



## 配信先決定のための連続的位置検知技術



## 連携動作確認のための総合結合試験

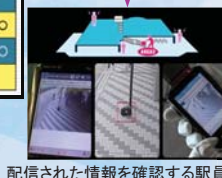


### 情報配信システム



異常検知情報の通知先

| 事象  | 発生時刻 | 発生エリア | 発生種別 | 監視対象 | 駅員 | 駅長 | 駅副長 | 駅長補佐 | 駅員 | 駅長 | 駅副長 | 駅長補佐 |
|-----|------|-------|------|------|----|----|-----|------|----|----|-----|------|
| 喧嘩  | 1    | 1     | 1    | 1    | 1  | 1  | 1   | 1    | 1  | 1  | 1   | 1    |
| 徘徊  | 1    | 1     | 1    | 1    | 1  | 1  | 1   | 1    | 1  | 1  | 1   | 1    |
| 置きり | 3    | 1     | 1    | 1    | 1  | 1  | 1   | 1    | 1  | 1  | 1   | 1    |
| 転倒  | 2    | 1     | 1    | 1    | 1  | 1  | 1   | 1    | 1  | 1  | 1   | 1    |
| 騒動  | 2    | 1     | 1    | 1    | 1  | 1  | 1   | 1    | 1  | 1  | 1   | 1    |



## 日本の鉄道テロ対策の取り組みの例

日本の鉄道事業者は、「お客様(社員に対しても)の安全・安心の確保」を目的として、ハード・ソフト面から、よりきめ細かい対策に取り組んでいると感じる

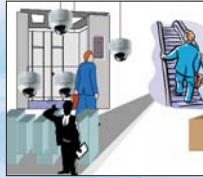


## 社会的背景

➡ 監視カメラの増設、巡回警備の強化等、「**見せる警備**」等、**テロの未然防止**を軸とした対策

➡ 鉄道警察や警備員による列車警乗  
駅構内の巡回強化、沿線警戒の強化

➡ 「**テロ対策に係わる新技術**」について、  
技術開発の成果を取り入れることが  
必要であるという方針が示されている  
「**鉄道テロ対策連絡会議**」(国土交通省鉄道局)



顔認証システムの実験

\*国土交通省HPより引用

Railway Technical Research Institute

## 代表的な対策例



監視カメラ

監視員の配置

車内の巡回

駅構内の巡回



不審物注意の呼びかけ

車内通報装置

ホーム通報装置

透明ゴミ箱



不審物注意の案内(車内・ホーム)

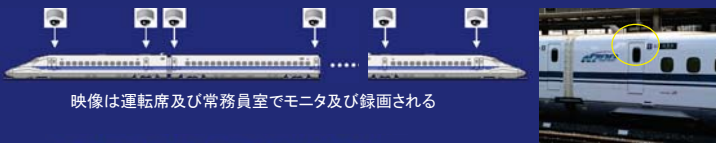
テロを想定した訓練



Railway Technical Research Institute

## 「N700系」に防犯カメラ設置

60台のカメラが各号車のドア付近を監視する



映像は運転席及び常務員室でモニタ及び録画される

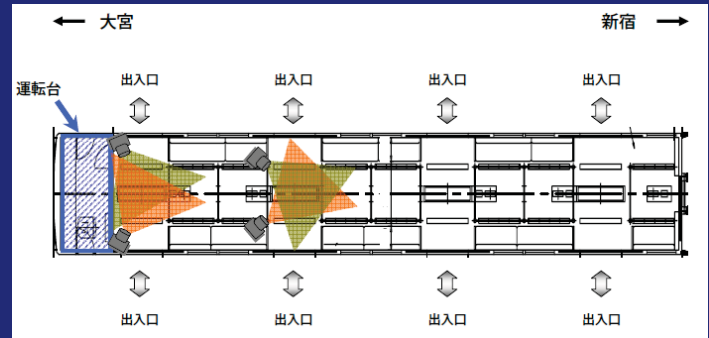
- 乗客による乗務員への暴行は06年度に東海道新幹線で12件、山陽で5件
- 非常用ドアロックの扱い
- 映像の解像度はコンビニの防犯カメラ程度

一方で...  
プライバシーや設置コストの問題を理由に  
・座席車内にカメラをつける  
・在来線に広げる  
ことには及び腰といわれている



Railway Technical Research Institute

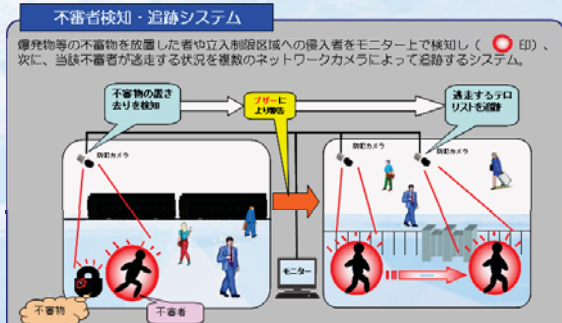
## 埼京線における車内防犯カメラの設置



Railway Technical Research Institute

## 鉄道テロ対策に資する新技術導入に向けた取組み

- オムロンは、改札の不正通過や混雑、放置物、滞留、けんか、うろつき・徘徊、しゃがみ込み、ごみ箱あさりの8種類の行動を「不審行動」と位置づけ、不審行動をとった人を追跡するシステムの開発を進めている。

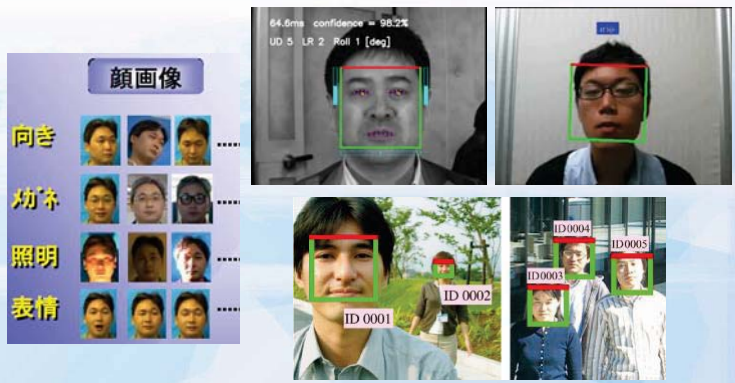


\*国土交通省HPより引用

Railway Technical Research Institute

## 鉄道テロ対策に資する新技術導入に向けた取組み

- オムロンの顔認証技術  
顔向き、表情、照明条件、人種などに対して高い認識精度を有する



\*オムロンHPより引用



Railway Technical Research Institute