

既設CCTVカメラを活用した逆走・誤進入検知システムの開発

鈴木季弘¹

¹道路部 交通対策課（〒460-8514 名古屋市中区三の丸2-5-1）

近年、自動車専用道路では、車両の逆走や歩行者・自転車等の誤進入が問題視されており、中部地整管内においては逆走防止のリーフレット配布等による啓発、案内板やラバーポール設置等の予防的対策を実施中であるが、逆走を迅速に検知し事故を未然に防ぐ対策も求められている。当発表では、既設の道路管理用CCTVカメラに着目し、AIを導入した移動体検知・画像解析による逆走・誤進入検知システムの開発及び検証結果を報告する。

キーワード：逆走，CCTVカメラ，AI，画像解析，交通安全対策

1. はじめに

国土交通省及び高速道路管理会社の調べによると、平成23年度から平成28年度の6年間で高速道路において事故または確保に至った逆走事案は1,283件、原付・自転車・歩行者による誤進入は18,443件発生している。

中部地整管内の自動車専用道路においても平成24年から平成29年までの6年間に16件の逆走事案、平成29年4月から平成30年12月までの21ヶ月間に212件の誤進入が発生しており、最近では令和元年5月4日に静岡県沼津市内の東駿河湾環状道路において、交通事故に至った逆走事案が発生している。（図-1）

いち早く対策を行っている東・中・西日本高速道路株式会社においては、国土交通省が平成27年11月に公表した「2020年までに高速道路での逆走事故ゼロをめざす目標」達成の取り組みの一環として、民間企業等からの逆走対策技術の公募・選定を行い、既に逆走・誤進入の予防的対策に加えて、逆走検知・警告システムの導入事例があるものの、ものによっては規模の大きなシステム整備が必要であり、導入コストが大きな課題となっている。

そこで、中部地整管内に約2,000台設置済みの道路管理用CCTVカメラに着目し、新たな逆走検知装置の導入に比べて低コストでの整備効果が期待できる、既設CCTVカメラを活用した、AIによる移動体検知・監視、及び通知機能を備えた逆走・誤進入検知システムを開発し検証を行った。



図-1 東駿河湾環状道路での逆走発生状況。

2. 逆走・誤進入を検知する試行システムの開発

(1) 試行システム開発の目的・基本方針

a) 開発の目的

逆走・誤進入対策として、可能な限り短期且つ効率的に逆走を監視するために低コストでの対策を実現する。

b) 基本方針

既設の道路管理用CCTVカメラを活用し、車種判別には映像蓄積データから作成する教師データで学習させたAI技術を導入した画像解析を行うことで移動体を検知・監視し、管理者へ通報するシステムを開発し検証を行う。

(2) 試行システムによる監視の要件

試行システムの監視要件について以下にまとめる。

- ・通常時は道路管理用として使用中のカメラを用いる。
- ・事務所の監視職員に対して通知が出来ること。

- ・道路利用者への警告，注意喚起ができること。
- ・検知対象は逆走の自動車（大型車、普通車），自動二輪，及び誤進入の自転車，歩行者とすること。
- ・逆走・誤進入の監視以外に，停止車両検知，落下物検知等も可能とする拡張性を備えていること。

(3) 移動体検知の方法

移動体の検知には，首都高速道路株式会社等の異常検知で実績のある時空間MRF（Markov Random Field）モデルを用いた。

時空間MRFモデルは，時空間画像を領域分割するための確率モデルであり，時空間画像の時間軸方向の相関関係に着目したモデルである。

8画素×8画素で定義されるブロックを単位として領域分割を行うこととし，画像フレーム間で有するブロック毎の動きベクトルを参照した時間軸方向の相関を定義している。（図-2）

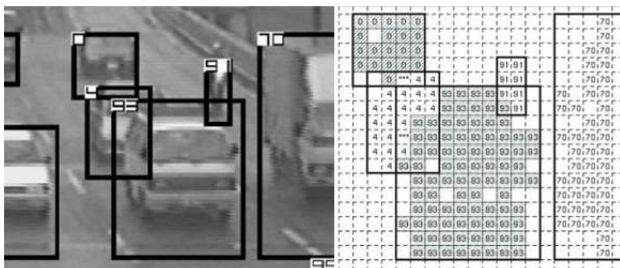


図-2 時空間MRFモデルの概要。

(4) 逆走・誤進入検知の方法

前述の時空間MRFモデルを活用し，検知領域内に存在する移動体を検知し，移動方向が通常の走行方向と反対方向である場合，逆走と判定する。また，原付・歩行者・自転車を検知した際は誤進入と判定する。（図-3）

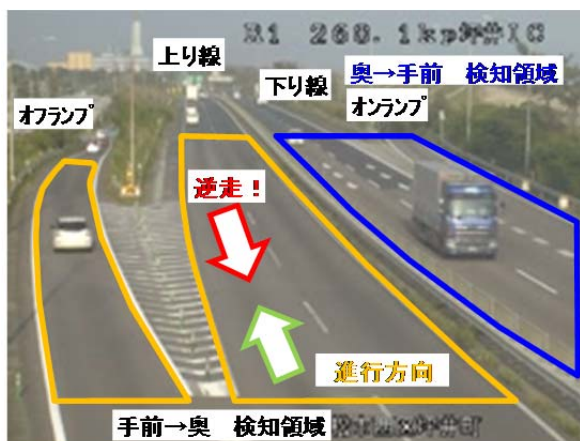


図-3 逆走判定のイメージ図。

(5) 車両の車種判別，歩行者・自転車の判別方法

事前にCCTVカメラ蓄積映像から歩行者，自転車，原付，自動二輪，バス，乗用車，貨物車等の映像を切り出し，

AIモデルへ学習させる教師データを作成する。

AIモデルを構築し，AIモデルが移動体の検知により切り出した画像と，事前に作成した教師データを比較させることで移動体は何であるかを判別する。本モデル構築において，様々な移動体サンプルを教師データとして作成するため，動物や落下物などその他の物体は「車両又は歩行者・自転車ではないもの」として判定される。

3. 開発した試行システムの概要

(1) 試行システムの構成

試行システムは，今回開発した①画像処理装置，②GPUボードを，L2スイッチを介して局内カメラネットワークと接続して映像を取得・解析し，監視結果を③表示用パソコンに表示する構成となっている。（図-4）

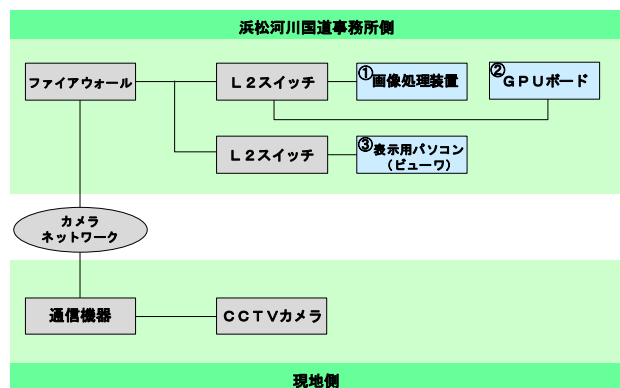


図-4 試行システムの構成図。

(2) 試行システムの主な機能

試行システムの主な機能を以下にまとめる。機能の検討では，監視業務を行っている事務所の道路情報センタの監視員の意見等も参考にして決定した。

a) 映像入力

既設CCTVカメラからH.264動画圧縮ファイルの映像を取得し映像解析アプリケーションにて映像入力を行う。

b) 画像解析

映像解析アプリケーションにて，移動体の検知を行う。

c) 逆走通知

基幹アプリケーションにて，逆走・誤進入の検知時に自サーバへアラーム通知を行い，表示用パソコンの画面を赤黄で反転させる。（図-5）

d) 蓄積映像出力

基幹アプリケーションにて，逆走検知時の映像を発生時の前後30秒間蓄積し，蓄積映像の出力を行う。



図-5 試行システムの画面と異常通知方法。

(3) 蓄積映像での検証

平成29年度に静岡県富士市の西富士道路で発生した、原付（図-6の赤枠内）による逆走・誤進入の蓄積映像を使って教師データを作成し、試行システムでの検証を行った。原付を逆走する移動体として検知することができたが、画角が斜め方向なため移動体を検知できる範囲が狭くなることで判断時間を短く設定せざるをえず、カメラの画角によっては誤検知が発生する可能性が残った。



図-6 逆走・誤進入発生時の蓄積映像での検証。

4. 実地検証

(1) 実地検証を行うCCTVカメラの選定

試行システムの実地検証を行うカメラを選定するにあたり、①過去に逆走事案が発生していること、②オフランプ出口までを見通せる画角となっていること、③直線区間に設置されていること、等の条件を満たしている浜松河川国道事務所所管の一般国道1号浜名バイパス、カメラ名「坪井IC」を選定した。諸元を表-1にまとめる。

表-1 カメラ名「坪井IC」の諸元。

項 目	規 格 等
仕 様 書	CCTVカメラ設備 機器仕様書（案）H27.3
設置時期	平成29年3月
形 式	ドーム型HD旋回カメラ（簡易型）
性 能	有効画素数約214万画素，30fps，逆光補正 圧縮方式H.264，オートアイリス機能

(2) 検知範囲等の設定

坪井ICのCCTVカメラ画像に、図-7のように検知範囲を設定した。カメラは上り線路肩に設置されており道路に対してやや斜め上方からの画角となっている。進行方向に対して逆方向に移動体を感知すると逆走と判断し、歩行者・自転車・原付を検知すると誤進入と判断する。

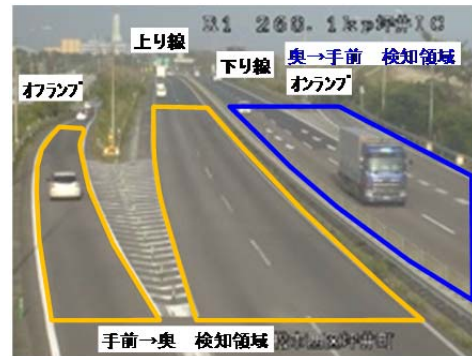


図-7 坪井ICのカメラ画角と検知範囲。

(3) 実地検証の実施

浜松河川国道事務所道路情報センター内に試行システムを設置し、実地検証を行った。

検証は2週間（平成31年2月15日～平成31年2月28日）行い、以下の項目について検証した。

- CCTV映像の取得、蓄積状況
- システムの処理状況
- 逆走検知の精度低下の発生状況および要因
- 監視員へのヒアリング

5. 検証結果

(1) 実地検証の結果

実地検証の結果を以下にまとめる。なお、実地検証期間中に実際に逆走・誤進入の事案は発生しなかったため検知することはなかった。

a) CCTV映像の取得、蓄積状況

カメラネットワークを経由してCCTVカメラの映像を正常に取得できていることを確認した。

ただし、後述する検知精度の低下への対策として行ったパラメータ設定により映像解析アプリケーションに負荷がかかったことで、映像のとび、遅れが発生し検知精度が低下してしまった。なお、検証期間後にシステム改修を実施し、この問題は解決することができた。

b) システムの処理状況

検証期間中にシステムのCPU、メモリ、ハードディスクの使用量、単位時間当たりのデータ容量を確認した。

CPUの使用率は通常時30%、最大時50～60%、メモリの使用率は40%であり、特に異常は見られなかった。

ハードディスクは500GBの容量のうち390GBが移動体検

出映像の保存用に割り当てられているが、1日あたりのデータ増加量は約500MBであり、約2年間はデータ保存が可能であることが確認できた。

c) 逆走検知の精度低下の発生状況および要因

検知精度の低下による誤検知が複数回発生したことから、誤検知の発生状況と原因について(2)において詳しく記述する。

d) 監視員へのヒアリング

道路情報センターに駐在する監視員に対して、試行システムの利用についてヒアリングを行った。意見としては、「業務中に試行システムの表示用パソコンを常時見ていることは困難なため、異常発生時の通知方法として画面の反転のみによる通知は気付きにくい。」との回答であった。

(2) 誤検知の発生状況とその原因の検証

(1)-c)において記述した、実地検証中に発生した誤検知について、発生状況と原因をまとめる。

a) 大型車の荷台のはみ出しによる誤検知

上り線の追越車線を走行する大型車の荷台が下り線の検知領域にはみ出している状態を逆走と認識してしまい誤検知が発生。(図-8)



図-8 大型車の荷台のはみ出しによる誤検知。

b) 対向車線の車両のヘッドライトによる誤検知

対向車線を走行する車両のヘッドライトのハレーションにより移動体のサイズを過大認識し、反対車線の検知領域を逆走していると判断してしまい誤検知が発生。(図-9)



図-9 対向車線のヘッドライトによる誤検知。

c) 逆光による誤検知

坪井ICのカメラは東向きのため、朝日が差し込む時間帯は逆光となり移動体を画面上で正確に認識できないことによる誤検知が発生。(図-10)



図-10 朝日の逆光による誤検知。

d) カメラレンズカバーに付着した水滴による誤検知

雨天時、カメラレンズカバーに水滴が付着することで映像がぼやけてしまい、移動体を正確に認識できないことによる誤検知が発生。(図-11)



図-11 カメラカバーに付着した水滴による誤検知。

(3) 精度低下への対策と対策後の結果

検証期間中に発生した(2)-a)～d)の誤検知への対策として、AIの教師データの追加、移動体や検知エリア等の検知条件の設定変更、昼と夜で移動体検知のパラメータ設定を変更することで誤検知発生を解消することができた。(図-12)

ただし、(1)-a)に記述したように、パラメータ設定変更によって映像解析アプリケーションに負荷が発生し映像の取得に悪影響を与えてしまったことから、追加措置としてシステムの改修を行うことで問題を解消している。

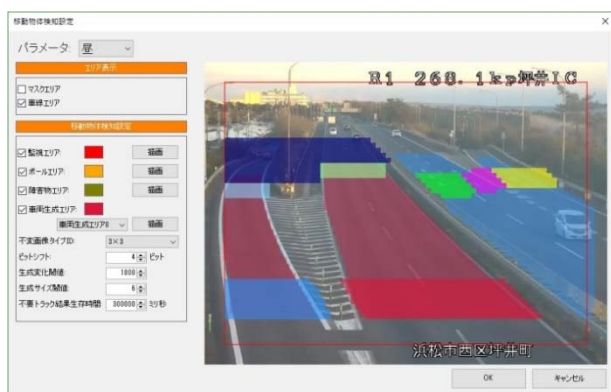


図-12 移動体検知パラメータ設定画面。

6. 課題の整理と改善策の検討

検証結果を踏まえ、課題が生じた事項について改善策を検討した。

(1) CCTVカメラの画質について

実地検証に使用したCCTVカメラには、逆光補正、オートアイリス機能、カメラレンズカバーの親水コーティングが備わっていることから、水滴の付着や汚れによるじみを防ぎ、ハレーションや逆光に対してはカメラ側で補正が加わることで高画質な映像が取得できることを想定していたが、実地検証ではそれらの補正機能がうまく機能していないことが要因と考えられる誤検知が発生した。

改善策としては、カメラの各種設定を現在の設定から逆走・誤進入システムに適した状態に設定変更する、カメラメーカーの取扱説明書に従い、定期的にカメラレンズカバーの清掃等のメンテナンスを行うこと、があげられる。

(2) CCTVカメラの画角について

カメラの画角を調整し、検知システムにとって最適な条件の画角とすることで、車両の重なりや逆光といった誤検知の要因を減らすことができる。しかし、既設のCCTVカメラの位置を変更することは工事を伴うことから容易ではなく、工事費用も発生するため、当初の目標である、既設のカメラを利用する、という方針に反する。

改善策として、教師データの追加によりカメラの画角を変更しないまま検知精度を向上させることは可能であるが、その場合は莫大な量の映像データが必要となる。

また教師データ作成を外部へ委託することで追加費用も発生することから、コストの面での課題が残る。

(3) 監視員への異常発生の通知方法

本試行システムでは、監視員への異常発生の通知方法として、異常検知時に表示用パソコンの画面を赤黄で反

転させることで視覚的に通知する方法とした。理由としては、逆走検知とは別のシステムで異常発生時に警報が鳴るタイプのものが既に設置されていることから、警報音の重複等を避けるためである。

しかし、実施検証の際に行った監視員へのヒアリングでは、業務中、常に表示用パソコンへ気を配っていることは困難であり、画面の変化による通知は気付きにくい、との回答であった。

改善策としては、別のシステムと混同しない音色での警報音を発生させることや、表示用パソコンと道路監視モニターとを連動させ、異常検知時には道路監視モニターが自動で検知箇所のカメラに切り替わり、画面枠を赤黄で反転させる機能を追加する、といった対策が考えられる。

7. 今後の展開について

(1) 設置条件による既設CCTVカメラ整理

開発したシステムを管内で実装していくにあたり、管内既設CCTVカメラのうち逆走・誤進入の検知に適した画角のものがどの程度存在するかを整理した。

抽出条件は、①自動車専用道路のランプ・分合流部付近に設置されているCCTVカメラであること、②検知に適した画角であること、として抽出した結果、①に該当するカメラが管内に124箇所あり、更に②の条件で絞り込んだところ、現状のまま高精度で画像解析が可能とも込まれる箇所が12箇所、少し精度は落ちるがAI教師データの集積により精度に改善が見込まれる箇所が97箇所という結果となった。(図-13)



図-13 逆走・誤進入の検知に適した画角の例。

(2) 導入コストの概算について

今回開発した仕様による逆走・誤進入検知システムを調達する際の導入コストの参考として、高速道路会社等へ同様の検知システムの導入実績がある企業3社を選定し、検討したシステム仕様(案)を踏まえた技術的対応レベルや概算費用についてヒアリングを行った。

ヒアリングの結果、当該システムを1基のみ調達した

場合では1,000万円/基を超えてしまうが、20基を同時に調達する場合であれば、約400～550万円/基で調達可能であることがわかった。

よって、低コストでの整備という目標達成のためには、管内で複数台を一括発注する方法が効果的であり、実現するための整備計画案を以下にまとめる。

- ・(1)において抽出したCCTVカメラ109箇所について、次年度中に事務所と連携して現地踏査等を行い、設置効果が見込める箇所として更に半分程度に整備箇所を絞り込み優先順位を付ける。

- ・仮に50箇所に整備するとした場合、全体事業費は約2.5億円となり、年間1億円の事業費を投じた場合、3年間で整備できる試算となる。

8. まとめ

今回の開発によって、当初の目的である低コストで導入できる既設CCTVカメラを活用した逆走・誤進入検知シ

ステムの整備について概ね実現可能であることがわかった。

しかし、課題も複数見つかったことから、次年度以降の開発においては、更なる改善策を施すことで検知精度を向上させる必要がある。

また、昨年度は開発に時間を要してしまい検証期間を十分に確保できなかったことから、今年度の業務においては十分に検証期間をとり、PDCAを繰り返すことでシステムの精度向上を実現したい。

管内において当該システムの整備が進むことで、仮に逆走や誤進入が発生してしまっても、早期に事象を検知し事故の発生を未然に防ぐことができる体制を整えることで、数年以内には管内直轄国道の自動車専用道路における逆走・誤進入に起因する交通事故ゼロを実現したい。

参考文献

- 1) 時空間MRFモデル 東京大学 生産技術研究所 上條研究室
<http://kmj.iis.u-tokyo.ac.jp/research/stmrf.html>