

AI を活用した越波事象検知について

一ツ町 誠¹・吉川 賀庸²

¹ 近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 道路管理課 (〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂 142)

² 近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 建設専門官 (〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂 142)

紀南河川国道事務所管内では、毎年のように台風等による越波被害に見舞われている。道路利用者の安全確保のため越波発生時の通行止め基準を定めており、越波の事象把握に関しては、現地監視員（職員含む）及び管内に設置したカメラにより判断しているが、越波事象の判断には個人差があり、通行止め判断にも影響が及ぶ可能性がある。そこで越波事象を自動検知し、人による事象把握を支援する手法として、AIを活用した越波検知システムについて紹介する。

キーワード AI, 越波, 画像認識, 通行止め基準

1. はじめに

越波とは、暴風時に海岸に打ち寄せられた波により海水が海岸施設を超えて道路に流入する現象のことである。和歌山県の南部地域である紀南河川国道事務所管内は、海岸沿いで毎年のように台風等による越波被害に見舞われており、越波により運転者の視界障害が生じたり、越波に乗って石や砂利が打ち上がることによって歩行者や通行中の車に直接的

な被害が生じたりする可能性がある。そのため、大部分が海岸に接している国道42号では、越波発生による通行規制を行う必要がある。

2. 紀南における越波通行止め基準

紀南では表-1のとおり、通行止め基準を定めている。区分は4段階で「注意体制」・「警戒体制」・「非常体制B」・「非常体制A」の4段階となっている。

表-1 通行止め基準

体制区分	発令基準	規制内容
注意体制	1) 和歌山県南部（場合により三重県南部）に高潮注意報・警報や波浪警報が発令され、対策部長が必要と判断した場合。 2) 波高4～6mで対策部長が必要と判断した場合。 3) 台風や低気圧が接近し対策部長が必要と判断した場合。 4) その他、対策部長が必要と判断した場合。	
警戒体制	1) 越波が、飛沫でなく塊の状態で海岸側車線に到達しているが山側車線は飛沫程度であり、かつ越波による砂・流木等の飛散がない場合。 2) その他、対策部長が必要と判断した場合。	片側交互通行
非常体制B	1) 越波が、飛沫でなく塊の状態で山側車線に到達している状態又は越波に砂、流木等が含まれており走行に支障がある場合。 2) その他、対策部長が必要と判断した場合。	通行止め
非常体制A	1) 越波により重大かつ大規模な被害が発生し、交通が途絶した場合。 2) その他、対策部長が必要と判断した場合。	

越波事象のレベルにより体制区分が変更になり、規制内容も「片側交互通行」・「通行止め」となる。

表-1 通行止め基準に記載の「飛沫」と「塊」についての判定や「海側車線」及び「山側車線」への「塊」到達判定は人により異なる。それにより「片側交互通行」・「通行止め」開始時期判定が人により異なることが生じている。

紀南河川国道事務所には 214 台の道路管理用カメラがあり、その内 17 台が越波監視用カメラである。紀南河川国道事務所の道路情報室では最大 32 台のカメラを同時に表示させることが可能であるが、画面スクロールにて道路における各事象を監視しているため、突発的な越波事象発生の瞬間を見落としたことも過去発生している。



写真-1 災害対策室 道路管理用カメラ監視状況

そのため、越波を自動検出し、人による越波事象把握を支援するシステム整備が必要と考えた。

そこで、越波監視用に設置したカメラにより撮影した映像を AI により画像判定し、越波検知を通知出来ないか検討することにした。



写真-2 越波事象発生状況

3. 越波AI検知するための技術的課題

(1)学習データの不足

越波の発生頻度は他の事象と比べて少ないため、越波を検知するための学習データが現時点で不足しており、越波事象を AI が判別出来るまで深層学習させることが出来ない。

その解決策として道路や車両を判別する AI 画像認識技術と、高波の判別技術（前後の画像の輝度差を比較して波を判定）を組み合わせることで道路領域に波が侵入することを検知し越波と判定することとした。道路や車両の画像は大量にあるため、十分な学習効果が期待できる。

(2)多様な画像への対応

カメラは旋回及びズーム機能があり、画角が変化しても越波の検知が必要と考える。

医療画像解析などでも利用されているセグメンテーション技術を採用することで画像に写り込んでいる被写体がそれぞれ何かを識別することが可能となり、画素単位で「車両」や「道路」を分類することで、画角の変化にも対応可能となる。

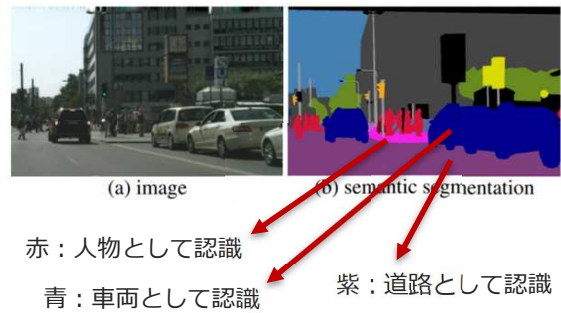


図-1 セマンティックセグメンテーション例
(参考文献2より引用・一部加筆)

4. 越波検知に利用する AI 技術

(1)セマンティックセグメンテーション

越波検知に利用するためには、AI 技術は次の課題を解決できる必要がある。

課題①：「道路に波がかぶっているか」を正しく判断するためには、道路を AI に認識させる必要がある。一方、道路を走行する車両や道路構造物は判定に不要であることを認識させる必要がある。

課題②：波は、カメラ画像の中で輝度が高い部分として現れる。しかし、道路上を走行する輝度の高い塗装色の車が波として誤検知される場合があるため、波と区別する必要がある。

①、②の課題に対する対応は以下のとおり。

越波判定に重要な道路、不要な車両や道路構造物を自動で判別するためには、AI による画像認識が必要であり、実現するための画像認識技術の一つが、深層学習を用いたセマンティックセグメンテーションである。図-1 はセマンティックセグメンテーションの例である。

(2)越波検知への適用

今回の試行箇所の一つである串本町姫地区を対象にセマンティックセグメンテーションを適用した場合のイメージを図-2 に示す。

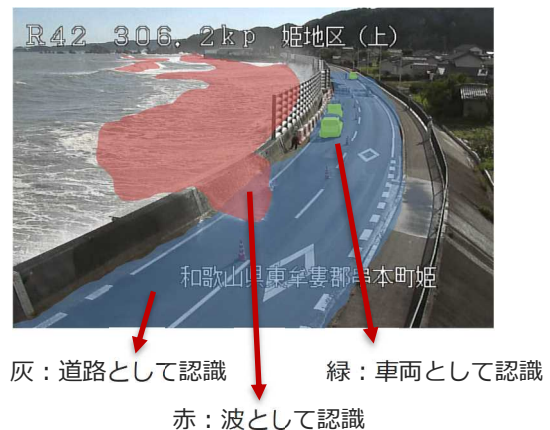


図-2 AI 技術による越波判定のイメージ

AI 技術により道路や車両を自動認識することで、仮にカメラの画角が変わった場合でも対応可能（道路領域の変化を自動追尾）である。また、輝度の高い領域を波として認識し、道路領域と波領域の交差エリアの多寡により越波規模を判定する。

5. 越波検知システム試行の概要

越波検知システムは、既存のカメラ画像をリアルタイムに読み取り、越波事象の発生があれば、自動的にその旨をメール等の手段により道路管理者へ知らせるシステムである。今夏に予定している試行概要は以下のとおりである。

(1)試行場所

以下の2か所のカメラ

- ①和歌山県東牟婁郡串本町姫地区
- ②和歌山県日高郡みなべ町埴田地区

(2)試行期間

2023年7月下旬～11月

(3)システム概要

システム構成を図-3に、機器構成を表-2に示す。

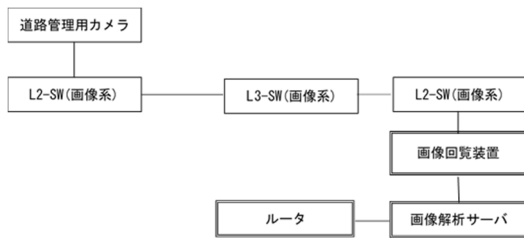


図-3 越波検知システムの構成

表-2 機器構成

項番	機器名称	設置個所	数量	単位
1	画像解析サーバ	紀南河川国道事務所	1	台
2	画像回覧装置	紀南河川国道事務所	1	台
3	ルータ	紀南河川国道事務所	1	台

a)画像解析サーバ

カメラ画像を取得し、道路形状と波打ち上

げ高さについてAIを用いて分析し越波判定を行う。判定するAIは深層学習を行う。

越波判定時には、指定されたメールアドレスにテキスト文にて伝達する。

b)画像回覧装置

対象のカメラからのIPマルチキャスト映像受信し画像解析サーバへ解析対象のカメラ画像をリアルタイム映像出力する。

c)ルータ

画像解析サーバに対し、管理用にアクセス可能なよう公衆回線等を利用したネットワークの構築を行う目的で設置する。

6. 試行にあたっての課題

(1)カメラの設置位置

カメラ設置位置が越波ポイントから離れていると画像が不鮮明になり越波検知には適さない画像となる。また画像内の道路形状も道路と海岸が区別しやすい形状が望ましい。今回試行の2地点は両方を満たすことから、試行箇所として選定した。今後、越波検知を試行するカメラを選定する際は考慮する必要がある。

(2)夜間の対応

越波は昼夜問わず起こりうる。今回試行箇所に設置されているカメラは画像蓄積モードにて夜間監視可能である。しかし、蓄積モード時は数十秒間のタイムラグが発生するため、越波の瞬間を逃す恐れがある。また、闇夜等は画像蓄積モードでも監視自体が厳しいため、補助照明等追加整備することを検討している。

7. 越波自動検知の効果

人の目によるカメラ画像監視では限界があり、見逃すリスクもある。これを、AI 技術を用いた自動検知に切り替えることにより、次のような効果が期待される。

(1)地点毎の設定作業軽減

カメラ画像から自動的に越波を検知する手法は従来技術としてあるが、地点毎に複雑な設定や準備が必要。深層学習などの AI 技術を用いることで、道路や車両を自動認識し、道路上への波の侵入を検知・判定できる。

(2)越波事象監視サポート

越波事象は現地監視員（職員含む）及び管内に設置したカメラにより事象把握を務めているが、越波 AI 監視の導入が進めば見落としやタイムラグの発生を抑止する効果が期待される。

(3)越波予測との連携

当事務所では越波予測業務を実施しており、越波規模、期間を客観的に捉え、検証に利用することで越波予測の精度向上が期待される。

8. まとめ

越波自体の AI 検知を目指したが、過去の紀南河川国道事務所管内の越波画像が深層学習出来るほど収集出来ていなかったため、従来法による越波判別技術と、道路や車両を AI 画像認識により判別する手法が現状では最適と判断した。

カメラの画角が変わっても道路と海の境界を AI で自動認識し、越波事象を自動で検知を行うことが可能なため、越波事象監視を目的としたカメラを設置している他の事務所への展開も容易に行えると考えている。

将来的に越波自体を AI が深層学習するのに十分な越波画像を蓄積出来れば越波自体の AI 事象検知が実現可能と考えている。

参考文献

1)一財) 日本気象協会 HP

<https://www.jwa.or.jp/>

2) Alexander Kirillov, Kaiming He, Ross Girshick, Carsten Rother, Piotr Dollar. Panoptic Segmentation. *CVPR*, 2019.