

冬用タイヤ自動判別技術の開発

西日本高速道路エンジニアリング四国(株) ○正会員 廣永厚友, 林詳悟, 橋本和明, 松田靖博
 東京大学大学院工学系研究科 正会員 全邦釘

1. はじめに

冬用タイヤ規制はタイヤチェック要員や交通整理員など, 多大な労務時間を費やすことから, 規制の省力化や, 作業自体の効率化が求められている. この課題に対し, 著者らはこれまで冬用タイヤ自動判別技術の検討¹⁾を実施し, 現場での試行導入と検証を進めてきた. 本論は, 実用化に至った本技術について報告するものである.

2. 撮影技術の概要

路面乾燥・湿潤状態, 昼夜間などの使用環境によらず判別可能な冬用タイヤの自動判別技術を構築するため, タイヤのトレッドパターンの画像から判別する手法を採用した. タイヤは黒色であり, かつ表面が湿潤だと反射輝度が非常に低くなるため, 昼夜とも照明を設置し, タイヤトレッド面で鏡面反射する反射輝度をカメラで撮影することにより, タイヤのトレッドパターンの安定した撮影を可能とした. ただし, 降雨降雪や, 走行時の水しぶきの映り込みの影響が大きくなると判別は難しいので, 撮影環境を整える必要がある.

3. 本技術の機構

運用時の装置配置状況を写真-1に示す. 主要機器は産業用カメラを内蔵したPCとモニターで構成され, タイヤ検出とタイヤ溝撮像用としてLED照明を採用している. 本機構は冬用タイヤ規制内の1レーン30m程度の一面に収まる省スペースによる運用を可能としている. なお, 判別する車両のレーン幅は3.5mに設定しており, 判別するタイヤが幅1.2mの検出領域を30km/h以内で通過すればリアルタイムに判別が可能となっている.



写真-1 装置配置状況

4. 画像解析技術

冬用タイヤのチェックは, 冬季交通の安全確保において重要な確認行為である. 特にノーマルタイヤを冬用タイヤと誤判別する事象は避ける必要がある. 試行システムでは, 図-2の赤枠部分のサイプ(スタッドレス特有の細かい溝)をテクスチャ特徴として判別する. H29年度に撮影した5,885枚を教師として, テクスチャ特徴を同時生起行列(Gray-Level Co-Occurrence Matrix)にて算出しロジスティック回帰分析を用いて判別するモデルを構築していた.

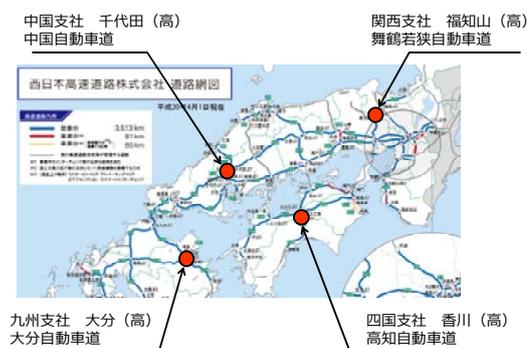


図-1 試行導入実施箇所

5. 人工知能技術を導入した判別精度の検証

5. 1. H30 試行の状況

H30年度の試行導入は, NEXCO西日本管内の4か所において実施した(図-1), 各事務所における撮影環境は, 雪(湿潤状態), 曇(乾燥状態)であった. 機器の設置状況から, 福知山, 大分, 香川では通過速度は概ね30km/h

表-1 撮影枚数と気象状況

月	日	福知山	千代田	大分	香川	合計
12	28	5,263 雪	6,911 雪			12,174
	29	5,470 雨後雪	12,091 雪後曇			17,561
	30	5,768 雪後曇	15,919 曇			21,687
	31		5,074 曇			5,074
1	21		237 雨			237
	26		7,553 雪	1,451 小雪	1,138 曇	10,142
	27		3,658 雪	1,918 曇	67 曇	5,643
合計	16,501	51,443	3,369	1,205	72,518	

キーワード 効率化検討, 冬用タイヤ規制, 自動判別, 機械学習, 実用化

連絡先 〒760-0072 高松市花園町三丁目1番1号 TEL 087-834-1121 FAX 087-834-0150

以下と考えられるが、千代田はサービ
スエリア入口ラン
プ部に設置したた
め、通過速度が速く、
多くが 30km/h を超
える状況であった。

タイヤ種別	ノーマルタイヤ	スタッドレスタイヤ	スタッドレスタイヤ	目視確認不可
撮影画像				
類似データ数	1,671	29,430	15,987	468
状態	ノーマルが容易に確認可能	スタッドレスが容易に確認可能	飛沫に間にサイブが確認できる	トレッド面が見えない
ロジスティック	ノーマル判定	スタッドレス判定	ノーマル判定 誤判定	スタッドレス判定 誤判定
AI	ノーマル判定	スタッドレス判定	スタッドレス判定	不明判定

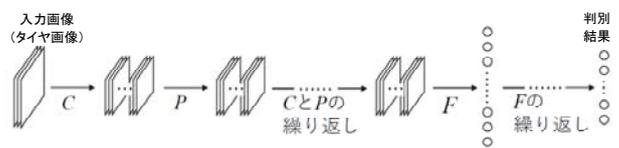
図-2 撮影画像例

5. 2. 機械学習の導入経緯

図-2 のように撮影画像は、天候などの環境条件の影響を受け複雑に変化する。ロジスティック回帰では、偶然冬用タイヤと似たテクスチャ状態になった場合、冬用タイヤと誤判別する可能性があり、判別精度を向上させることは困難であった。そこで、H30 年度までに蓄積した大量のタイヤ画像を用いて、人工知能技術（以下、AI）の一つであるディープラーニングを導入し、精度を改善することとした。

5. 3. 採用した人工知能技術の概説

本論のディープラーニングとは全らの研究²⁾など画像認識で実績がある CNN（Convolutional Neural Network）をいい、人間によって特徴を事前に定義する必要がない。CNN による画像処理は、畳み込み層とプーリング層で画像の特徴を抽出後、次の層へ進むに従い精度が向上する（図-3）。特徴として物体の位置ズレに頑健で、抽出対象（ここではタイヤ溝やサイブ）が画像内のどこにあっても検知できる移動不変性を有する。



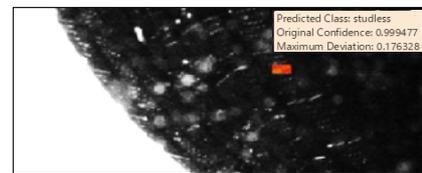
C: 畳み込み層, P: プーリング層, F: 全結合層
図-3 CNN の基本構造²⁾に加筆

5. 4. 精度検証結果

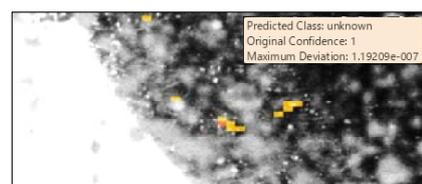
AI による判別では、図-2 の緑枠部分を切り出した画像を用いた。教師データには、H29, 30 年度に取得した 13,084 枚の画像を用い、スタッドレス、ノーマル、飛沫など種別不明の 3 分類で学習を行った。図-4 のヒートマップは判別時の着目箇所を示しており、赤>黄の順に影響の大きさを示す。AI は図-4 (b) のように飛沫があってもサイブを自動的に抽出して判別している。表-2 に H30 年度に取得した教師データを除く画像の判別結果を示す。目視結果の 3 分類に対して、AI 判別結果では、ノーマルタイヤをスタッドレスタイヤと誤判別することなく、スタッドレスタイヤを約 80% (43,962/54,778) の精度で判別した。



(a) ノーマルタイヤはエッジ部分に着目してノーマル



(b) 飛沫の間のサイブ部分に着目してスタッドレスタイヤ



(c) 飛沫の間のサイブに着目するが種別不明判断

図-4 AI による冬用タイヤの判別例

表-2 自動判別結果

		AI判別結果			合計
		スタッドレス	ノーマル	飛沫など	
目視結果	スタッドレス	43,962	4,382	6,434	54,778
	ノーマル		3,508	28	3,536
	飛沫など		3,546	4,504	8,050
	合計	43,962	11,436	10,966	66,364

6. まとめ

本技術を冬用タイヤチェックのスクリーニングに活用すれば、約 66% (43,962/66,364) の人力によるタイヤチェック作業の削減が期待でき、画像判別における AI の有効性を確認できた。今後の教師画像の拡充により判別精度の更なる向上が期待できる。

参考文献

- 1) 永易慎二ほか;冬用タイヤ自動判別技術の検討,土木学会第71回年次学術講演回,講演番号VI-905,2017.9
- 2) 全邦釘ほか;車載カメラにより撮影された舗装画像からのディープラーニングによるひび割れ評価,土木学会論文集 E1, Vol.73, No.3, I_97-I_105, 2017