

冬用タイヤ自動判別装置の開発と冬用タイヤ規制の運用検討について

本間 光夫*1 上島 慶*1 松田 靖博*2

1. はじめに

四国地方は温暖な気候であり降雪が少ない地域ではあるが、山間部等局所的に強い降雪地域も存在する。西日本高速道路株式会社 四国支社が管理する高速道路においても、標高の高い山間部を通過する区間があり冬季には局所的な強い降雪をうけ、交通確保に苦慮している。その代表的な区間として、高知自動車道 川之江東ジャンクションから大豊インターチェンジ間が挙げられる。この区間（図-1）は標高の高い四国山脈を横断する山岳道路のため局所的な強い降雪が多く（写真-1）代替ルートとなる国道32号も山間部を横断しており雪による影響を受けやすい為、地元からは“命の道”として冬季の交通確保について強い要望があり、平成26年度よりチェーン装着車を除く冬用タイヤ規制を導入し、運用しているところである。但し、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、またタイヤチェックに伴う渋滞等も懸念されることから、規制の省力化や、作業自体の効率化、タイヤチェックスピードアップ及び精度の向上が求められている。

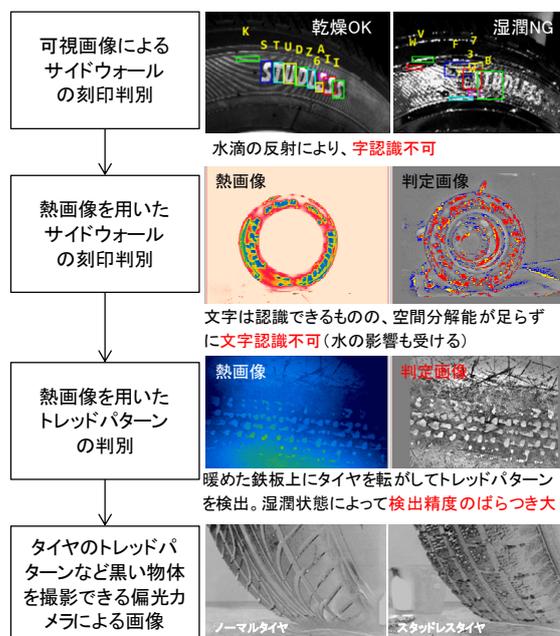


図-2 検討概要図

本論は、冬用タイヤ規制の省力化・効率化・タイヤチェックスピードアップ及び精度向上を目的とし、実用化を目前にした冬用タイヤ自動判別装置の開発状況とともに四国の高速道路における冬用タイヤ規制の運用検討について報告する。

2. 冬用タイヤ自動判別装置の開発

2.1. 事前検討

外的環境の影響を受けにくい冬用タイヤの自動判別システムを構築するため、既往技術によく見受けられる音や振動ではなく、サイドウォールの刻印やトレッドパターンを取得画像から判別する手法について事前検討を実施した。図-2に事前検討概要を示す。タイヤは黒体の物質であるため、形状を正確に撮像することが難しく、更に表面が濡れると条件悪化することから、偏光度カメラによるタイヤのトレッドパターン抽出を図った。図-3に検証概要を示す。このカメラ（偏光度カメラ）の取得画像は、黒体でかつ湿潤状態でもトレッドパターンが明瞭に確認できる。

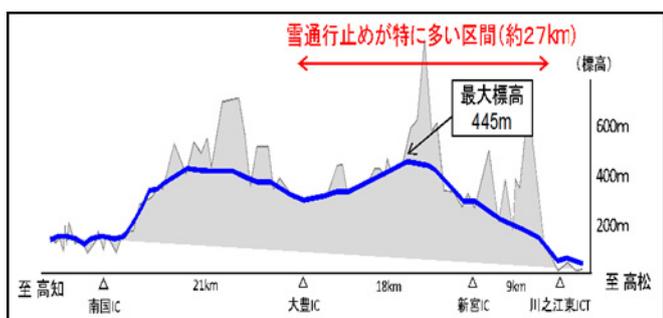


図-1 高知道縦断図



写真-1 高知道降雪状況

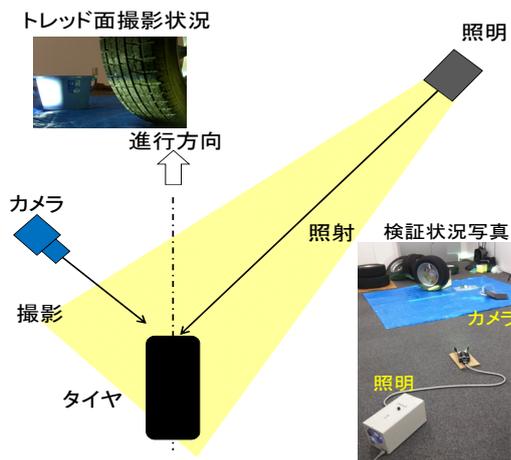
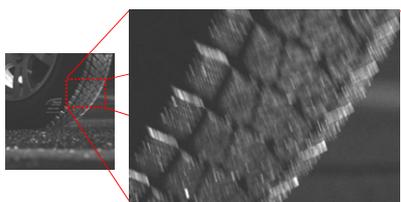


図-3 検証概要図

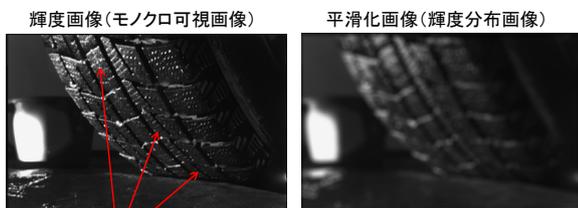


(a) 被写体ブレ



(b) ハレーション

図-4 判別画像として課題となる現象



照明の当り方で輝度が異なる

差分

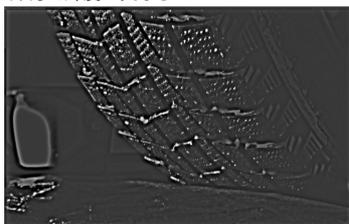


図-5 画像処理による差分輝度画像

2. 2. 撮影技術検討

採用予定であった偏光度カメラは①高価であること、②低感度であるためタイヤの移動速度が速くなると被写体ブレが生じること(図-4 (a))、③昼間撮影時は周辺が明るくなり、ゲイン制御ができずハレーションすること(図-4 (b))、以上3点の課題があった。本課題に対応するため、汎用性があり入手が容易で、かつ偏光度カメラより安価である産業用の高感度ハイビジョンカメラを採

用し、判別精度の再検証を実施した。

また、判別精度の向上を図るため、「輝度画像」から「平滑化処理した輝度画像」を差分する画像処理を実施した(図-5)。この画像処理により、輝度分布ムラが除去されるため、サイド部(スタッドレスタイヤ特有の細い切れ込み)が鮮明に撮像可能となる。

検討条件を乾燥・湿潤状態、昼・夜間に設定し、取得した画像を図-6に示す。本カメラは高感度なため、被写体ブレやハレーションの影響を最小限に留めることが可能で、鮮明な画像が安定して撮影できる。昼間のテストで取得した画像をみると、ノーマルタイヤのトレッドパターン、スタッドレスのサイドが明瞭に確認できる。溝部が黒色の陰影として撮像することから、明るい環境下においても必要照度が確保されていることを確認した。

また、夜間のテストで取得した画像においても昼間と同様の結果を得た。なお、湿潤状態において、水しぶきが溝部に写り込むが、画像処理により除去可能である。

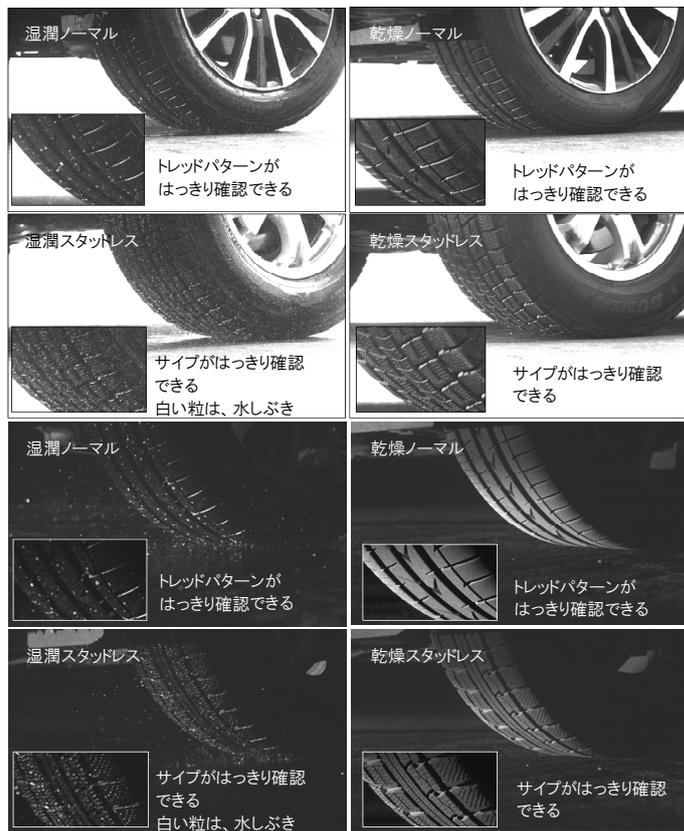


図-6 採用カメラの取得画像

(上段: 昼、下段: 夜)

2. 3. 判別ロジック検討

冬用タイヤ判別ロジック構築のため、図-7に示す画像処理を行った。取得画像から、差分輝度画像(図-5)を作成し、輝度サイド部の輝度を強調させる画像処理後、このサイド抽出処理画像のグレー領域のサイド(黒線)を抽出し、判別する。冬用タイヤ判別ロジックを再構築

した結果、判別精度は 98.3% $\{=(35+24)/60\}$ と高精度で判別されており、誤判別はスタッドレスタイヤをノーマルタイヤと判定した 1 ケースと、安全側での判定であった (表-1)。以上の結果から、差分輝度画像による判別は、湿潤、乾燥状態問わず、偏光度に近い精度が確認されたことから、当カメラで実用化検討に臨むこととした。

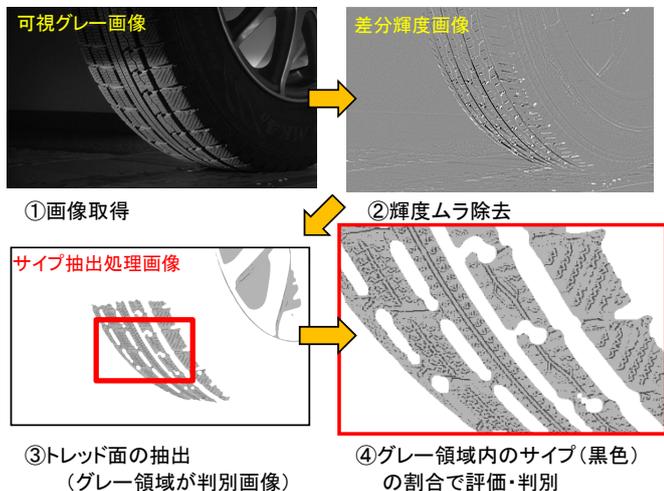


図-7 新画像による画像処理の手順

表-1 判別結果

		判別結果		
		スタッドレス	ノーマル	合計
正誤	スタッドレス	35	1	36
	ノーマル	0	24	24
	合計	35	25	60

2. 4. 本システムの概要と動作検証

現場試行及び撮影テストの結果から、①照度環境によらない (昼夜関係無く) タイヤトレッドの検出、②移動タイヤの撮影位置のズレの自動補正、③雪や水しぶきの画像処理による除去、以上 3 点について、実用化が可能な冬用タイヤ判別ロジックを構築した。

また、判別に用いる画像は、取得画像を差分輝度画像に画像処理し、サイブ部を強調させた画像を用いることで、判別精度を向上させた。この判別画像 (サイブ部抽出処理画像) の輝度分布に着目し、移動タイヤの撮影位置であるサイブが密集している範囲を自動的に検出させ、乾燥湿潤状態、及び昼夜にかかわらず冬用タイヤ判別可能な閾値を設定することで、冬用タイヤの自動判別が可能なシステムの実用化に至った。

図-8 に本システムの全体構成を示す。本システムは冬用タイヤ規制内の 1 レーン 30m 程度の一画に収まる省スペースによる運用が可能である。また、本システムの導入により、チェック作業の省力化が図られる。更に、交通整理員は対象車両を本システムに速やかに誘導することが可能となり、副次的に滞留車両による本線渋滞が

緩和されることで安全性向上が期待できる。

イメージとシステム処理の手順を以下に示す。

①車両が通過すると、レーザー距離計により検知、所定の撮影距離範囲内に車両が通過すると自動で画像を取得する。

②連続撮影された車両の前後輪の画像は一時的に記録され、タイヤ通過前後の画像のみ判別対象画像として抽出する。

③抽出された画像は画像処理により、タイヤの正確な位置を推定し、タイヤトレッド・サイブ部の輝度分布から冬用タイヤを自動検出する。

④判定結果は車両が通過後、リアルタイムでチェック要員に通知する。

なお、規制員への判定結果の通知は、サブモニターによる視覚的な通知や、スピーカーやイヤホンによる聴覚的な通知とも可能であり、立地条件に応じて選択可能である。本システムの動作検証を実施した。主要システムはノート PC と産業用カメラ、距離計のみで、判定通知モニターをサブモニターとして使用した。なお、タイヤ溝の陰影用の照明については、屋外用のメタハラ照明を採用し、お客様の眩光防止のため、光源にカバーを設けることで、実用化に向け配慮している。前輪をスタッドレス

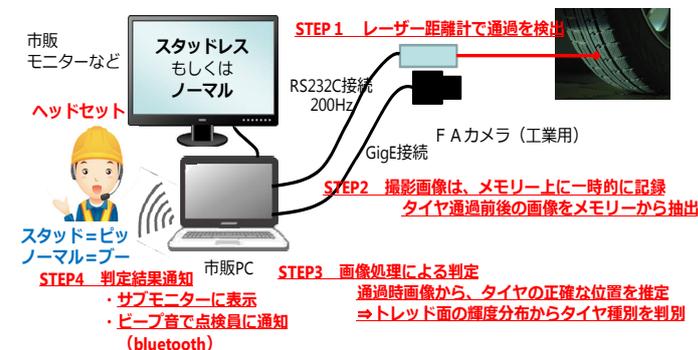


図-8 本システムの全容 (構成図)



図-9 システム動作状況検証

タイヤ、後輪をノーマルタイヤ仕様の車両と前後輪ノーマルタイヤ仕様の車両 2 台を準備し、撮影条件が最も劣悪である夜間の湿潤状態にて実施した。システム動作状況検証を図-9 に示す。本テストにおいては正答率 100% を実現し、当社で保有している冬用タイヤにて実施した結果は良好であった。本システムの動作検証の結果、ノーマルタイヤをスタッドレスタイヤと誤判定しないことから、安全側ではあるが、実用化に十分な精度があると考える。

3. 冬用タイヤ規制の運用検討

3. 1. 四国の高速道路での冬用タイヤ規制の現状

高知自動車道の冬用タイヤ規制実施時は、タイヤチェック位置図（図-10）に示すとおり、法皇トンネル北坑口、新宮 IC、大豊 IC の 3 箇所にタイヤチェックヤードを設け、約 50 人のタイヤチェック要員や交通整理員を配置し実施している。タイヤチェック実施状況は写真-2 のとおり多大な労務時間を費やすこと、またタイヤチェックに伴う渋滞等も懸念される等の課題がある。



図-10 タイヤチェック位置図



写真-2 タイヤチェック状況

3. 2. 冬用タイヤ自動判別装置の導入計画検討

今回開発した冬用タイヤ自動判別装置を導入することにより、上記課題を解決に繋がるため試行導入計画を作成する。今までの法皇 TN 北坑口における冬用タイヤ規制については図-11 に示すとおりである。今年度においては、手前に自動判別装置を配置し、従来の冬用タイヤ規

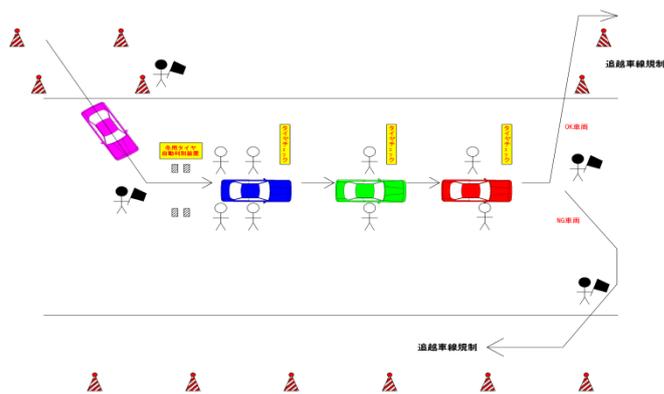


図-11 タイヤチェック配置図

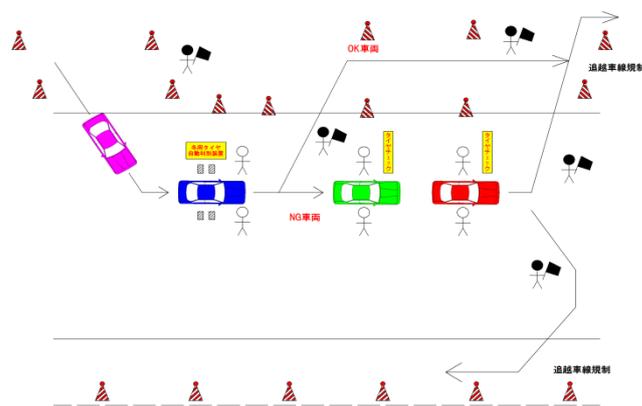


図-12 タイヤチェック配置図

（冬用タイヤ自動判別装置本格運用時）

制と合わせて試行運用を実施する。翌年度以降については、図-12 に示すとおり冬用タイヤ自動判別装置にてスタッドレスタイヤの車両については、手前で判断し NG がでたものについては、従来通りタイヤチェック員にて確認を行う運用計画で実施予定である。

3. 3. 導入前後の評価方法

冬用タイヤ自動判別装置導入の評価については、今年度については判別装置の精度確認を実施し、翌年度以降については、作業員の削減及びチェック時間の検証を行う予定である。

4. まとめ

実用化に向け開発目標を設定し、改善検討を重ねた結果、冬用タイヤ自動判別装置が完成した。今回装置はスタッドレスタイヤの利用率が高ければ高いほどタイヤチェック員による作業を軽減でき、かつタイヤチェックスピードアップかつ精度向上が見込まれる装置となっている為、寒冷地域での活用が非常に有効と思われる。今後も、冬期に高速道路を通行いただくお客様の安全性確保を最優先に、有用な新技術の評価、検証することで、効率のかつ効果的な道路管理を実現する所存である。