様式－1

# 令和 4 年度 研究成果の概要 (1/2)

研究テーマ:偏光画像処理に基づく「見えにくい」路面性状認識についての技術研究開発

研究代表者

・氏名（ふりがな）:中村 明生 (なかむら あきお)

・所属、役職: 東京電機大学 教授

研究期間:令和 3 年 12 月～令和 6 年 3 月

研究参加メンバー（所属団体名のみ）

東京電機大学

研究の背景・目的

ITS, IoT 技術の進展への寄与を念頭に，非接触・広範囲の路面表面性状監視技術の開発を目標とする．本研究では，路面の表面性状，すなわち性質・材質及び状態のうち，「見えない」「見えにくい」湿潤状態を画像処理技術で認識する．湿潤状態として「乾燥」「水たまり」「濡れ」「凍結」「その他 (汚れ，ノイズ等)」を認識対象状態とする．

画像処理による「地面性状認識」において，湿潤状態は周囲との明確な差が分かりにくく，特に RGB カメラでは夜間，朝・夕の薄暮時に認識が困難となる．一方，偏光画像では水濡れ領域が判別できる可能性がある．

2022(令和 4)年度は，偏光カメラ画像及び CCTV カメラ画像を用いた凍結路面検出・認識手法について検討を加えた．偏光カメラ画像を用いた手法に関しては，凍結路面/非凍結路面の検出・認識のために偏光カメラによる撮影条件を調査した．CCTV カメラ画像を用いた手法に関しては，RGB 画像から凍結路面を認識するための深層学習手法を調査・実装した．

研究内容（研究の方法・項目等）

研究計画にのっとり，以下の 3 項目を実施した．

■項目 1: 偏光画像の検証

(1-1) (2021(令和 03)年度からの続き)偏光カメラで撮影した画像から得られる偏光度・偏光角度といった偏光パラメータを調整・調査，路面性状認識のための照明やカメラ角度等の撮影条件の明確化

(1-2) 深層学習以前のハンドクラフト特徴量設計と識別器の選定，実際に路面性状認識手法の検討

■項目 2: 深層学習の導入及び路面性状認識手法の提案

(2-1) 深層学習手法を導入，従来の画像処理手法との比較

(2-2) GAN 等を利用し，通常画像から偏光画像を生成，あるいはその逆に偏光画像から通常画像を生成

(2-3) CCTV 等既存監視カメラ網画像・既設置の路温・気温・湿潤専用センサのデータとその地点の画像を組み合わせ

■項目 3: 実用性の検証

(3-1) 現場検証の必要機材・条件等の準備・検討

研究成果の概要

■項目 1: 偏光画像の検証

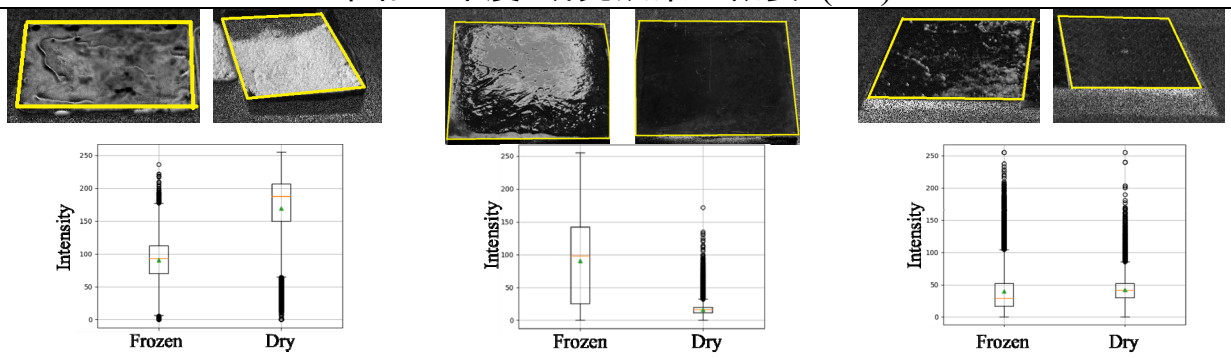
主として(1-1)を実施し，(1-2)に関しては項目 2 において深層学習手法による路面性状認識手法を提案した．

偏光カメラを用いて偏光画像を取得し，「乾燥」「凍結」状態を認識するための撮影条件として，照明の位置と角度，及びカメラの位置と角度に関して調査を実施した．路面に多用される材質として，アスファルト，コンクリート，金属の 3 種類の板材を対象とした．通年で研究を実施するため，板材上に散水し，冷凍庫で凍らせることで凍結路面を再現した．照明条件と材質ごとの偏光度画像を解析し，箱ひげ図を作成した．アスファルトやコンクリートの場合は乾燥・凍結の認識可能性が示唆された(Fig. 1)．それに対し，金属の場合は認識が困難であった．アスファルトに関して，乾燥時には粒状の路面が凍結時には粒間が氷で充填されて平坦になるため，光の反射・拡散の変化が大きいと考える．コンクリートに関してもアスファルトほどではないにせよ同様である．それに対し，金属に関しては，偏光度の観点からは乾燥・凍結時の表面上の変化が小さいと推察される．

■項目 2: 深層学習の導入及び路面性状認識手法の提案

(2-1)の深層学習手法の導入において，時々刻々と変化する外部環境の中で，照明や湿潤状態の変化に対応す

# 令和 4 年度 研究成果の概要 (2/2)




アスファルト(左図:凍結，右図:乾燥)
照明と正対，カメラのピッチ角 30°

コンクリート(左図:凍結，右図:乾燥)
照明と正対，カメラのピッチ角 63°

金属(左図:凍結，右図:乾燥)
照明と正対，カメラのピッチ角 30°

Fig. 1　3 種の板材と照明条件により得られる偏光度画像の一部(黄色枠内が路面)

る多様性を担保したデータセットを構成する適切な画像を準備することは簡単ではない．2022 年度は，2021 年度の結果を受け，(2-2)として凍結/非凍結路面を深層学習手法により生成することで多様性の担保を試みたが，生成された画像が凍結/非凍結画像として真に正しいのかの判定が困難であり，一時保留とした．

そこで，異常検知手法の一種である DifferNet に着目した．DifferNet は正常画像しか用意できない品質管理において，正常画像のみを学習し，正常画像からどの程度差異があるかに着目することで異常を発見する．CCTV カメラ画像はその多くが乾燥路面画像であり，乾燥路面画像=正常画像，凍結路面画像＝異常画像と考えた．

基礎検討として，国道 18 号線・長野県上水内郡信濃町古間の CCTV カメラ画像及びセンサデータ(路温・気温・湿潤)の提供を受け，乾燥路面画像を学習させた異常検知ネットワークを作成した (2-1, 2-3)．評価指標は 1 が最大値となる AUROC (Area Under the Receiver Operating Characteristics Curve)を採用した．背景あり乾燥路面画像(例: Fig. 2 （a）(c) 上段)を学習し，背景あり乾燥・凍結路面画像(例: Fig. 2 （a）-(d) 上段・学習画像とは別)で検証したところ，AUROC 0.8 以上であった．さらに，路面のみを切り抜いた背景なし乾燥路面画像(例: Fig. 2 （a）(c) 下段)を学習し，背景なし乾燥・凍結路面画像(例: Fig. 2 （a）-(d) 下段・学習画像とは別)で検証したところ，AUROC 0.99 以上であった．以上から，異常検知手法を用いた凍結路面認識の可能性が示唆された．

(a) 昼間・乾燥　(b) 昼間・凍結　(c) 夜間・乾燥　(d) 夜間・凍結

上段: CCTV 画像 / 下段: 路面のみ切り抜き

Fig. 2　DifferNet への入力画像

■項目 3: 実用性の検証

項目 1 で使用した機材を国道 18 号線・長野県上水内郡信濃町古間の現場に持ち込み，撮影を実施した．得られた画像，データは解析中である．項目 2 に関しては，提供を受けた CCTV カメラ画像及びセンサデータ(路温・気温・湿潤)に基づき検証を実施し，前述の結果を得た．