

氏名	小倉 亮太
学位名	博士（システム情報科学）
学位記番号	第47号
学位授与年月日	令和2年9月17日
学位論文題目	夜間走行シーンにおける歩行者認識の為の夜間画像の視認性向上
論文審査委員	主査 長崎 健
	副査 鈴木 恵二
	副査 三上 貞芳
	副査 松原 仁（公立はこだて未来大学・特任教授）

論文要旨

本論文では、夜間歩行者認識を行う為に単眼 RGB 車載カメラから撮影した夜間走行画像に対し DeepLearning を用いて画像変換を行い、夜間画像の視認性向上を目的とする。

近年、自動車メーカー(自動車部品メーカー)、巨大 IT 企業を中心に先進運転支援システム(Advanced Driving Assistant System :ADAS)や自動運転に関する技術開発が加速している。これらのシステム開発には検知用のセンサが必要であり、主にカメラやミリ波レーダー、近年では LiDAR(Light Detection and Ranging)と呼ばれるセンサが登場、活用されている。これらのセンサで昼夜を問わず安定した物体検知が可能なものとしてミリ波レーダーと LiDAR があり、夜間での測距や物体の有無の判断を行っている。しかしこれらのセンサは物体の種類の特定制が困難であることや、高価であるという課題がある。LiDAR にいたっては数十万～数百万円するものがあり、安価な LiDAR では照射する赤外線レーザーの本数が少なく近傍しか検知できないことがある。一方、カメラを用いた物体認識の研究は構造がシンプルであり低価格であることから古くから行われ、近年では DeepLearning を利用することで認識性能を大きく向上させている。しかし、DeepLearning を利用するには学習データが大量に必要であり、且つ収集した画像データに対し認識対象のアノテーション作業(正解情報の付与)に膨大なコストが必要である。その為、夜間の歩行者認識を実現する為に、夜間歩行者画像の収集及び、アノテーション作業を実施することは困難とされている。その為、既に収集した昼間の歩行者画像(アノテーションデータ含む)を活用して夜間歩行者認識を行うことが望まれる。

本研究では、既に収集した昼間の歩行者画像を使用した物体認識モデルを活用する為に、

夜間の画像を昼間の画像のように変換するアプローチを検討した。まず夜間直線道路における画像変換を行う。画像の明るさを改善する手法として複数の画像を足し合わせる処理がある。その処理をニューラルネットワークの中間層に応用した。その結果、夜間の入力画像に対して歩行者のエッジを保持したまま明るさを改善することができた。変換後の画像に対し、DeepLearning を利用した既存の物体認識手法を適用した結果、歩行者を認識することができ、原画像の夜間画像による物体認識と比較して提案手法が優位であることを確認した。

又、上記で述べた複数画像の足し合わせ処理についてフレーム間の移動量が多いシーンとしてカーブ道路がある。移動量が多い場合足し合わせをした時に対象物のずれにより画質の改善が困難である。そこでニューラルネットワークに複数画像を入力する際、過去フレームにおける変換画像を合わせて入力することで過去フレームからカーブの形状を徐々に推測するニューラルネットワークを検討した。

これらの結果から、提案手法による夜間直線道路とカーブ道路における画像変換手法を検討し、効果を確認した。

審査結果の要旨

本学位論文では、夜間の歩行者認識を行うため車載カメラに対する画質改善手法について述べている。移動するカメラ画像に対して画質改善のため、連続フレームの合成に適した畳み込みニューラルネットワークの提案を行い、提案手法で画質改善した画像を既存の歩行者認識手法のFaster R-CNNやYolo V3で評価することで認識率が向上することを示した。また、画質改善の学習にはシミュレータによって合成した画像を用い、評価段階で車載カメラ画像を用いた場合でも、認識率が向上することを示すことで、本提案の優位性を示し、将来の自動運転における実現可能性を示唆した。

よって、本学位論文で提案された内容は学位授与に値するもので、合格と判断する。

本論文は、従来の車載カメラによる歩行者認識で対応していなかった夜間について注目し、ヘッドライトが照射する環境下で、日中の画像に近づける画質改善手法を提案し、その有効性を実験によって示したものである。

交通事故の死者数などの削減を目指し、自動車メーカーは先進運転支援システム(ADAS)や自動運転に取り組んでいる。そのため車載カメラによる歩行者認識は、システムにとって観測環境の良い日中を中心に成果を上げてきている。夜間の歩行者認識を行うためには、

1. 夜間専用の認識手法を開発する
2. 夜間画像の画質改善を行い、日中で用いる認識手法を利用する

の2通りが考えられる。

1の夜間専用の認識手法を開発する場合、評価のためのデータセットの生成が問題となる。現在、認識評価のための評価画像は、人が一枚一枚の画像に対してタグ付けを行っており、視認性の悪い夜間画像でのタグ付けは日中より手間のかかるものとなる。特に認識部に Deep Learning等の機械学習手法を用いた場合、膨大な学習データ作成も問題となる。そこで、本論文では夜間用のデータセットの準備が必要ない2のアプローチをとった。

夜間画像の画質改善には、複数の画像を合成することで実現できるが、車載カメラの場合、カメラが移動しているためフレーム間の画素の対応を取ることが困難である。そこで本論文では、位置のずれにロバストな畳み込みニューラルネットワークの特性を生かして複数フレームの合成を実現した。畳み込みニューラルネットワークを学習する際は、学習データ収集の手間を省くために、車載カメラの映像を作成するシミュレータを用い、昼間と夜間に対応する画像を自動生成し、これをもとに学習することで、実画像からの学習データ作成の問題を回避した。

提案した手法の評価では、実際に夜間に街を走行した車載カメラ画像に対して、既存の Faster R-CNNやYolo V3を用いて人の検出率について評価し、提案手法の優位性を示すことができた。

統括すると、車載カメラの画質改善のため複数フレーム画像を合成する際、畳み込みニューラルネットワークのマックスプーリングを介してフレーム情報を加算することで、走行による画素のずれに対応する仕組みを提案し、実験によって有効性を示したものである。これは、画像認識、機械学習などの領域にまたがる研究として意味のある知見である。本論文の研究内容は国際会議に2件発表し、2020年10月に1件発表予定で、国内学会誌に1件投稿した。

以上より、システム情報科学での新しい成果として意義があると判断し、学位論文として十分に値するものと結論し、合格と認定する。