

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 車載カメラを用いた道路標識の検出および
視認性推定に関する研究

氏 名 道満 恵介

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、自動車の運転支援を目的とした車載カメラを用いた道路標識検出および視認性推定に関する筆者の研究成果をまとめたものである。

現在、全世界における自動車の保有台数は10億台を突破し、自動車は我々の生活に必要不可欠な存在となっている。しかしその一方で、自動車の道路交通における事故が世界規模の問題となっている。我が国では、戦後の高度経済成長期における自動車保有率の上昇とともに交通事故による年間死亡者数は大きく増加した。特に昭和45年には、交通事故による年間死亡者数は史上最悪の16,765人に達し、「交通戦争」と呼ばれた。その後、国、地方公共団体等が一体となった交通安全対策への取り組みにより、交通事故の死亡者数は年々減少傾向にあるものの、交通事故の発生件数は依然として高い状態で推移している。そのため、交通死亡事故を含めた交通事故自体の削減のために、更に積極的な対策が求められている。

このような背景を受け、ドライバの運転行動を補助することで安全運転を支援するシステムが必要とされている。ドライバの運転行動は、一般に「認知・判断・操作」の3つからなるが、その中でも「認知」は特に重要となる。ドライバは自動車の運転に必要な情報のほとんどを視覚から得ており、悪環境や高速運転等によってドライバの視覚認知能力が無意識的に低下することで認知ミスが発生することが知られている。交通シーンにおいては、歩行者、車両、道路標識、路面標示、交通信号機等、様々な物体が存在し、ドライバはこれらの存在を素早く正確に認知しなければならない。自動車がドライバに代わってこれらの存在を検知し、ドライバにとって認知しづらい物体に関する情報を積極的に提供することができれば、ドライバの視覚認知の補助となり、安全運転を支援することができる。そこで本研究では、ドライバへの安全運転支援を目的とし、車載カメラを用いた道路標識の検出技術および視認性推定技術の実現を目指した。道路標識はドライバに対して運転に重

要な情報を提示するものであり、その見逃しは交通事故の危険に直結する。高精度な道路標識検出および視認性推定が実現できれば、速度超過や進行方向制限等の情報をドライバに提供することができる。特に速度超過の警告は、ドライバの視覚認知能力の無意識的低下を引き起こす要因の一つであり、認知ミスの防止に役立つと考えられる。

道路標識の検出： 物体検出のための手法はこれまでも数多く提案されてきた。その中でも、高速かつ高精度な物体検出を可能とする検出器として、Violaらが提案したカスケード型識別器が広く利用されている。Violaらは人物顔の検出器としてカスケード型識別器を提案したが、その性能の高さから、現在では様々な分野に応用されている。車載カメラ画像を対象とした研究においても、歩行者検出、車両検出、建物検出、標識検出等、様々な用途に利用されている。ただし、カスケード型識別器によって対象物体の見えの変化に頑健な検出を実現するためには、予め対象の様々な見えをサンプルから学習する必要がある。よって、本研究では、道路標識検出器を構築するための学習サンプルを効率的に収集することを考えた。

識別器の学習に必要なサンプルの収集方法に関しては、大きく分けて2種類のアプローチが考えられる。一つは、大規模なデータ収集を行い、大量の車載カメラ映像の中から人手により標識画像を収集する方法である。道路標識は様々な位置に様々な状態で設置されており、それらを車載カメラで撮影して得られた画像には、形状、テクスチャ、色に関する多様な見えの変動が含まれる。そのため、道路標識の見えを網羅的に含む大量のサンプルを収集することは困難である。もう一つのアプローチとして、見えの変化をモデル化し、そのモデルに適切なパラメータを与えることで学習対象の画像を人工的に生成する方法が考えられる。このアプローチは、「生成型学習」と呼ばれる。生成型学習では、数枚の原画像から種々の変動を含んだ大量のサンプルを生成することができ、学習サンプルの収集コストを大幅に削減できる。なお、生成型学習自体は、多様な見えを含む大量の学習サンプルを必要とする識別器全般に対して適用可能なアプローチであり、識別器の変更にも柔軟に対応できる。そこで本論文では、生成型学習を用いて高速かつ高精度な道路標識検出器を低コストで構築する手法を提案する。

道路標識の視認性推定： ドライバにとって認知しづらい物体に関する情報を積極的に提供するためには、ドライバの認知状態を判定する技術が必要となる。ドライバの認知状態を判定するための方法として、ドライバの視線が向いていない物体の情報を提供する方法が考えられる。しかしながら、視線が物体に向いていたとしても、その物体を認知しているとは限らない。この現象は“意識の脇見”と呼ばれ、各種車載システムからの過度な情報提供等により発生しやすくなることが報

告されている。これに対して、ドライバからの視認性が低い物体の情報のみを提供する方法が考えられる。対象物体の視認性が高い場合には、システムから情報を提供しなくても、ドライバがその存在に気付く可能性が高い。反対に、対象物体の視認性が低い場合には、ドライバが気付かない可能性が高い。以上のことより、視線が対象物体に向いていない、もしくは、視線が対象物体に向いていたとしても視認性が低い場合には、ドライバが認知できていない可能性が高いと考えられる。よって、本研究では、ドライバの視線が道路標識周辺に向いている状況を想定し、その視認性を車載カメラ画像から推定することを考えた。

道路標識の視認性に影響を及ぼす要因は、ドライバ側の要因と環境側の要因に大別される。ドライバ側の要因に関しては、ドライバが人間である限り視覚特性はある程度共通している。一方、環境側の要因に関しては、道路標識は様々な環境下に様々な状態で設置されており、道路標識の視認性に複雑に影響する。また、環境側の要因の中でも特に背景および対象の画像特徴は、その他の要因を考慮する上でも欠かせない最も基本的な要因である。そこで本論文では、まずは背景および対象の画像特徴と道路標識の視認性の関係に注目し、1枚の車載カメラ画像から抽出される複数の画像特徴に基づいて道路標識の視認性を推定する手法を提案する。さらに、道路標識の提示時間・大きさと視認性との関係にも注目し、背景および対象の画像特徴に加えて道路標識の提示時間・大きさ等の時系列情報を利用した視認性推定手法を検討する。

本論文では、自動車の安全運転支援を目的とした車載カメラを用いた道路標識検出および視認性推定技術に関して述べる。本論文は、5つの章からなり、第1章は序論である。ここでは、本論文の研究背景、各章の位置付けについて述べる。

第2章では、生成型学習によるカスケード型道路標識検出器の構築手法について述べる。ここでは、生成型学習を用いてカスケード型識別器を構築することで、高速かつ高精度な道路標識検出器を低コストで構築することを目的とする。具体的には、生成型学習において、色の変化（退色、照明変化）、形状の変化（回転、位置ずれ、伸縮）、テクスチャの変化（光学ぼけ、背景変化）をそれぞれモデル化する。そして、これら見えの変化モデルに与える生成パラメータによって見えの変化の度合いを制御することで、数枚の原画像から多様な見えを含む標識画像を自動生成する。自動生成された標識画像を学習サンプルとして利用することで、道路標識検出器を低コストで構築することを目指す。

第3章では、静止画像特徴の統合利用による道路標識の視認性推定手法について述べる。ここでは、背景および対象の画像特徴と道路標識の視認性の関係に注目し、1枚の車載カメラ画像から抽出される複数の画像特徴に基づいて道路標識の視認性を推定することを目的とする。具体的には、まず、明るさ、色、複雑さに関す

る背景とのコントラスト、および、明るさ、色に関する道路標識の見えを表現する画像特徴を車載カメラ画像から抽出する。そして、これら複数の画像特徴を認知科学的な知見に基づいて統合利用する。これにより、道路標識の視認性を安定して高精度に推定することを目指す。

第4章では、時系列情報の利用による道路標識の視認性推定手法について述べる。ここでは、道路標識の提示時間・大きさと視認性との関係に注目し、車載カメラ画像系列から道路標識の視認性を推定することを目的とする。具体的には、まず、各時刻において、入力された車載カメラ画像から背景とのコントラスト、道路標識の見え、大きさに基づく複数の画像特徴を基に視認性を推定する。そして、車載カメラ画像系列から計算される一連の視認性を基に、時々刻々と変化する走行環境において実際にドライバが知覚する視認性を高精度に推定する。

最後に、第6章において本論文を総括し、今後の課題と展望について述べる。