

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前方不特定障害物検出に関する研究

氏 名 久徳 遙矢

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、自動車の運転支援，その中でも車両前方に存在する不特定障害物の検出を目的として車載カメラを活用する一連の研究成果をまとめたものである。

本研究の目的は、単一の前方向き車載カメラを用いた自車前方の不特定障害物検出の実現によって、事故の発生を低減し、安心・安全な自動車社会を実現することである。車載カメラは、安価かつ小型化が容易であり、汎用性が高く普及しやすいという特徴を持つ。さらに、高解像度情報を得られることから、車載センサとして優位な点が多い。近年では、事故時の記録を目的としたドライブレコーダとして、広く普及しつつある。単一の前方向き車載カメラを用いた障害物検出に関連する研究の多くは、人や車などの検出対象をあらかじめ想定し、その「検出対象の見え」を学習することで、目的の対象のみを検出するものである。しかし、実際の路上障害物には落下した段ボール箱など様々なものが考えられる。このような、人物や車両に限らない、前方に存在する不特定の障害物を検出可能になれば、より多くの危険性を考慮した上で運転者の運転操作に対して注意を促すことが可能になり、より多くの事故を抑止できると考えられる。そのため、あらかじめ想定できない障害物の検出は極めて重要な課題である。

本研究ではこのような課題を解決するために、近年整備されつつある市街地走行映像データベースを利用することで、車両前方の不特定障害物を検出可能な技術を提案する。具体的には、市街地走行映像データベース中の同一地点のフレームと現在走行中のフレームを比較し、変化箇所を発見する。変化箇所が見つかった場合、それは以前と比べて何らかの差異がある領域を意味するため、それは障害物であると判断する。すなわち、現在走行中のフレームと対応地点の市街地走行映像データベース中のフレームを特定し、それとの差分を求めることで、対象を限定しない障害物検出を実現する。そのためには、まず現在走行中のフレームと同一地点（もし

くは最も近い位置)で取得されたフレームを市街地走行映像データベースから取得する必要がある。しかし、自転車位置を得るためのセンサとして広く一般に用いられている普及型 GPS による位置情報は、数 m から数十 m の誤差を含む。そのため、市街地走行映像データベースから現在走行中のフレームと同一地点で取得されたフレームを詳細に見付けることが課題となる。さらにその際、膨大な情報量を持つ市街地走行映像データベースから一度に詳細な位置を求めるのは非現実的である。そのため、詳細な位置推定処理を行う際の基準となる、初期位置となるフレームを高速に取得する技術も必要である。次に、現在走行中のフレームと市街地走行映像データベースから取得し対応付けられたフレーム間を比較し、不特定の障害物を検出する。しかし、市街地走行映像データベースは過去に取得された映像であるため、現在と同じ道路の走行映像であっても走行位置は異なり、対応付けられたフレーム間には空間的なずれが存在する。加えて、照明環境の違いによる見えのずれも含まれるため、単純な差分特徴による検出は困難である。そこで本論文では、以上の課題を解決する技術を

- (a) 詳細な自転車位置推定
- (b) 自転車初期位置推定
- (c) 不特定障害物検出

と位置付け、それらを解決する技術について述べる。

#### (a) 詳細な自転車位置推定

本課題は、現在と過去のフレームの比較による障害物検出の際、差分を求める対象フレームを決めるための重要な前処理である。また、高精度な自転車位置推定は交通事故の防止に大いに貢献するものである。たとえば、自転車位置情報を用いた身近な運転者支援システムとして、カーナビゲーションシステムがある。これは、自転車位置情報と地図情報を元に、運転者を目的地まで案内するシステムである。しかし近年、自転車位置の正確な把握とナビゲーションが行われていれば防ぐことが可能であると考えられる事故が多発している。また、通常運転時の利便性を考えても、前述のように市街地走行時における普及型 GPS の位置情報には大きな誤差が含まれ、交差点や目的地への案内に不十分であることが多い。このような背景から、高精度な自転車位置推定技術は、事故の防止や利便性の向上など、様々な用途に活用できる有用なものである。

市街地走行映像データベースと現在の走行映像を比較する際、同じ道路で撮られた車載カメラ映像であっても、走行軌跡の違いによる見えの変化が存在する。その変化が大きい場合は、拡大・縮小・回転などを用いた単純な画像照合では精度よく

対応付けることが困難である。また、遮蔽などによる見えの変化の影響を強く受けるという問題も存在する。そこで、現在およびデータベースの映像を撮影した2カメラ間の位置関係を反映したフレーム間距離尺度を定義する。このフレーム間距離尺度はフレーム対毎に算出され、距離が最小となるフレーム対を最直近の位置で取得したフレームとみなすものである。しかし、算出精度の面から単体での利用には不十分であるため、入力およびデータベースともに系列を用い、このフレーム間距離尺度を用いたDP マッチングによる高精度なフレーム対応付け手法を提案する。

### (b) 自転車初期位置推定

(b)の技術は、市街地走行映像データベースからの同一地点フレームの詳細な取得を目的としている。しかし、市街地走行映像データベースは膨大な情報量を持つため、一度にすべてを詳細に探索するのは非現実的である。そこで、過去の走行映像、すなわち市街地走行映像データベースと現在の走行中のカメラから取得された1フレームの対応付けによる高速な自転車初期位置推定の実現を目指す。

(b)の技術では、高精度に自転車位置を求めるため、車載カメラ映像とデータベース映像のDP マッチングを用いる。したがって、入力とデータベース共に系列を扱う必要があり、距離を求めるフレーム対の数が膨大となる。そのため、高い精度と引き換えに計算コストも高くなる。また、DP マッチングのための端点を精度良く与える必要がある。精度良く端点を指定できない場合、DP マッチングの計算コストがさらに増加する。これらの計算コストの増加は、フレーム間距離尺度の算出精度を補うため、入力およびデータベースともに系列を要している点に起因する。

そこで、データベース映像側は自転車位置の前後フレームを共に用いることが可能である点を利用し、入力1フレームとデータベース数フレームを用いることで、高速な自転車初期位置推定の実現を目指す。具体的には、これらのフレームをもとに(b)で定義したフレーム間距離尺度を拡張する。そして、この尺度を用いてデータベース中の対応するフレームを検索する、1フレームを入力とした高速な自転車初期位置推定手法を提案する。

### (c) 見えのずれを吸収した差分による障害物検出

現在と過去の走行映像では同じ道路の走行映像であっても走行位置が異なるため、これらには撮影位置の違いによる見えのずれが含まれる。そこで、道路面の平面性を仮定し、区画線情報とエピソード幾何を用いて見えのずれの補正を行う。しかし、撮影位置の違いによる見えのずれが補正されても、それらの間には照明環境の違いによる見えの違いが残る。一般的に、背景差分技術は固定カメラを対象としており、同一地点の多くの背景情報を用いてモデリングする必要があるため、

車載カメラを対象とした本研究には直接適用できない。そのため、照明環境の違いに頑健な差分特徴を定義し、1枚の背景画像との差分による高精度な障害物検出手法を提案する。

本論文は、5つの章から構成される。第1章は序論であり、本論文の研究背景や本研究の目的、各章の位置付けについて述べたものである。

第2章では、過去の走行映像、すなわち市街地走行映像データベースと現在の走行映像の各フレームの詳細な対応付けによる高精度な自車位置推定手法について述べる。ここでは、2カメラ間の位置関係を反映したフレーム間距離尺度を定義し、それを用いたDPマッチングによって詳細な自車位置推定を実現する。評価実験の結果、2カメラ間の位置関係を反映したフレーム間距離尺度を用いたDPマッチングにより、平均25 cmの誤差で位置推定ができることを確認した。

第3章では、入力として1フレームのみを用いてデータベースと照合する、自車初期位置推定手法について述べる。ここでは、第2章で定義したフレーム間距離尺度の性質を元に新たな距離尺度を定義することで、1フレームを入力とした高速な自車位置推定の高精度化を目指す。評価実験の結果、89%の正解率で1フレーム以内(±35 cm程度のずれに相当)の対応画像を高速に取得できることを確認した。

第4章では、第2章、第3章の手法により対応付けられた現在と過去(データベース)のフレームの比較による不特定障害物手法について述べる。ここでは、まず車線内における走行位置の違いによる見えの違いを、道路面の射影変換により吸収する。そして、照明環境の違いによる見えの違いを吸収する差分指標を提案し、これを用いて不特定の障害物を検出する。様々な障害物を含む映像を用いた評価実験の結果、車両や歩行者に限らず、ボールなどの障害物を検出できることを確認した。このことから、不特定の障害物を検出可能なことを確認した。さらに、様々な照明環境下で撮影した映像を用いた評価実験の結果、照明環境の違いに対する頑健性も確認した。

最後に、第5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。